

23-060

LA POURRITURE DES CAPSULES DU COTONNIER : ESSAI DE MISE EN PLACE D'UNE MÉTHODE DE LUTTE

(Suite)

par

J. CAUQUIL

Thèse de Docteur-Ingénieur présentée à l'Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay

Nous avons publié la première partie de ce travail dans le fascicule 2 de notre revue. Les points suivants ont été exposés : le cotonnier (généralités); les dégâts de pourriture sur les capsules (symptômes, évaluation, importance); les organismes responsables (isolement, parasitisme, le cas des bactéries).

Nous poursuivons la publication dans cette livraison et nous l'achèverons dans le dernier fascicule de 1973. L'auteur traite ici les deux points importants suivants : « Les mécanismes de l'infection capsulaire » et « Les sièges de la résistance des capsules aux pourritures ».

Chapitre quatre : LES MECANISMES DE L'INFECTION CAPSULAIRE

- 4.1. Les pénétrations pariétales.
 - 4.1.1. Les caractéristiques morphologiques et anatomiques de la capsule.
 - 4.1.2. L'estimation de l'étanchéité des capsules.
 - 4.1.3. La pénétration pariétale dès le stade floral.
 - 4.1.4. La pénétration par les nectaires.
 - 4.1.5. Les pénétrations à travers le péricarpe.
- 4.2. Les pénétrations par l'intermédiaire des blessures.
 - 4.2.1. Le *Dysdercus* et son importance dans les pourritures de capsules.
 - 4.2.2. La technique de l'infection artificielle sous cage.
 - 4.2.2.1. La reproduction des dégâts.
 - 4.2.2.2. L'étude de l'appétibilité vis-à-vis des *Dysdercus*.
 - 4.2.3. Discussion.
- 4.3. Les pénétrations par voie interne.
 - 4.3.1. L'existence d'une flore interne dans les capsules vertes d'apparence saine.
 - 4.3.1.1. La flore interne aux Etats-Unis.
 - 4.3.1.2. La flore interne en Afrique Centrale.
 - 4.3.2. L'origine de l'infection interne capsulaire.
 - 4.3.3. Discussion.
- 4.4. Conclusions.

Chapitre cinq : LES SIEGES DE LA RESISTANCE DES CAPSULES AUX POURRITURES

- 5.1. Les deux niveaux de résistance capsulaire.
- 5.2. La résistance de la paroi péricarpique.
 - 5.2.1. L'évolution en fonction du degré de maturité de la capsule.
 - 5.2.2. L'évaluation de la résistance de différentes variétés.
 - 5.2.3. La résistance en fonction des caractères anatomiques du péricarpe.
- 5.3. La résistance interne.
 - 5.3.1. L'évolution de la richesse en glucide du milieu interne.
 - 5.3.2. L'étude de la résistance en fonction des organismes inoculés et de l'âge de la capsule.
 - 5.3.3. La résistance en fonction de la variété.
 - 5.3.4. Discussion.
- 5.4. L'importance relative des résistances péricarpique et interne.
- 5.5. La résistance capsulaire aux pourritures transmises par les piqures de *Dysdercus*.
- 5.6. Conclusions.

Chapitre IV : LES MÉCANISMES DE L'INFECTION CAPSULAIRE

Trois modes d'introduction dans le fruit s'offrent aux agents de pourriture :

— de l'extérieur par leurs propres moyens, soit en traversant directement les tissus carpellaires, soit en utilisant les voies d'entrée naturelles (mauvaise étanchéité des valves, glandes...). Il s'agit des pénétrations pariétales ;

— de l'extérieur par une lésion du péricarpe. Ce sont les pénétrations par l'intermédiaire des blessures. En Centrafrique il s'agit essentiellement de piqûres de *Dysdercus* ;

— à partir d'un autre organe vers le réceptacle et le placenta, par l'intermédiaire du pédoncule (infection vasculaire ou sous-corticale).

4.1. Les pénétrations pariétales

L'examen de capsules vertes présentant des débuts de pourriture montre des pénétrations mycéliennes qui se font le plus fréquemment par des zones privilégiées : partie supérieure du fruit, lignes de déhiscence valvaire et base du réceptacle. Une description préalable de la capsule est nécessaire à la bonne compréhension de ces faits.

4.1.1. Les caractéristiques morphologiques et anatomiques de la capsule

Après la fécondation, l'ovaire composé de quatre à cinq carpelles concrescents à placentation axiale se transforme en une capsule loculicide avec quatre à cinq loges. Le fruit qui atteint son volume final vers la moitié de la période de maturation a une forme et une taille caractéristiques de chaque variété. L'architecture capsulaire est un élément important dans le processus d'entrée des micro-organismes ; en effet, la soudure des carpelles entre eux est plus ou moins parfaite à la partie supérieure de l'ovaire et le sommet formé par la réunion des extrémités supérieures des valves ou becs peut être ouvert à l'eau et aux agents de pourriture. Au centre de cet apex est inséré le style du gynécée, tandis que dans certains cas la corolle desséchée y reste attachée. L'étanchéité du sommet dépend beaucoup de sa forme : les fruits coniques sont en général mieux fermés que ceux qui sont sphériques avec un épaulement au niveau des becs et les capsules à cinq carpelles sont moins étanches que celles à quatre carpelles.

La paroi du carpelle comporte plusieurs éléments (fig. 8) :

- un épiderme à cuticule plissé, cireux, muni de stomates ;

- un parenchyme général à méats contenant des glandes à résine à proximité de l'épiderme et de nombreuses macles d'oxalate de calcium dans les assises internes ;

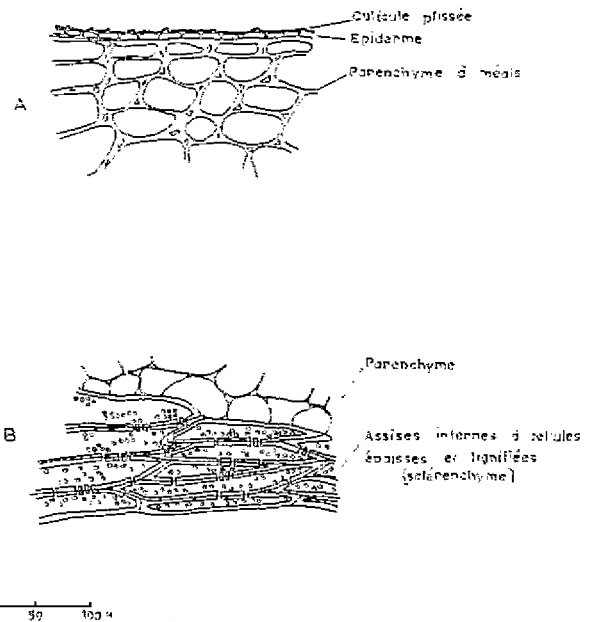


Fig. 8. — Coupe à travers la paroi d'une capsule de 5 à 6 semaines

A - partie externe ; B - partie interne.

(Interprété d'après DE COENE, 1950.)

- un endocarpe de quelques assises étroitement jointives, allongées dans le sens tangentiel et lignifiées qui constituent un sclérenchyme.

HECTOR (1936) décrit les glandes à résine visibles sur la partie extérieure du péricarpe, comme des cavités lysigènes et globulaires entourées d'une double assise de cellules : une couche extérieure composée de cellules à fines cloisons tangentielles et une couche interne qui, à maturité, produit un mucilage incolore. La cavité glandulaire est occupée par une sécrétion opaque de couleur sombre, riche en sucres et en pigments. Ces glandes sont couramment dénommées « glandes à gossypol » (fig. 9).

Un autre défaut de « la cuirasse capsulaire » est constitué par les nectaires situés à la base de la capsule à l'insertion du pédoncule (fig. 2). TYLER (1913) les répartit en trois séries :

- le nectaire floral formé d'un anneau de cellules papilliformes à la base interne du calice et gardé par une barrière de poils drus, saillants vers l'extérieur ;

- les trois nectaires involucreux externes placés à la base des bractées sur leur face extérieure. Ces nectaires extrafloraux sont de grande taille, en forme de cavité sphérique avec une assise de glandes sécré-

trices bordées de rares poils. Dans certains cas, ces glandes peuvent manquer ou être cachées, enfouies dans les cellules du parenchyme ou recouvertes par l'épiderme (fig. 9);

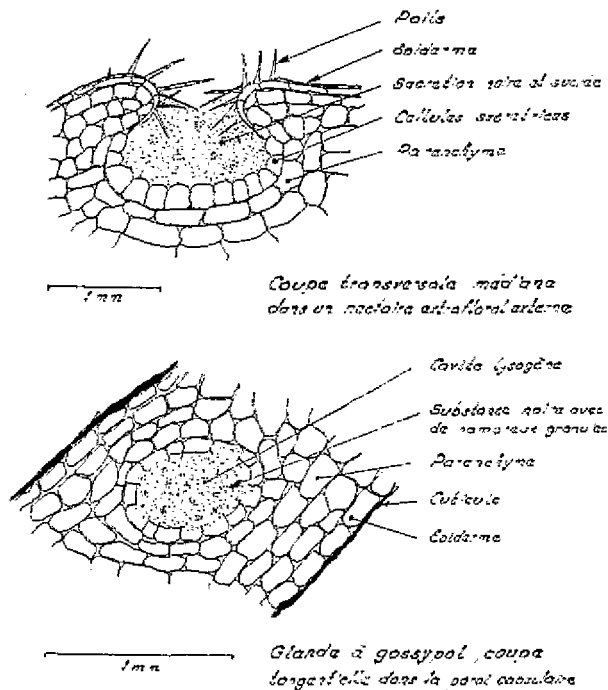


Fig. 9. — Anatomie d'un nectaire extrafloral externe et d'une glande à résine.

— les trois nectaires involucraux internes constitués de glandes peu profondes situées entre le calice et l'involucre en alternance avec les nectaires involucraux externes. Ils peuvent être totalement absents chez certaines fleurs et sont parfaitement glabres.

Les bractées à la base du réceptacle ont une structure de feuille avec de nombreux stomates. Pour MORRIS (1965), elles jouent un rôle important dans l'assimilation chlorophyllienne et fournissent la sève élaborée dans la capsule.

L'ouverture des locules a été étudiée par DE COENE (1950) et MORRIS (1964). Dans la jeune capsule, sur le plan médian de la paroi de chaque carpelle, se trouve une bande de tissu spécial se prolongeant vers l'extérieur par un bourrelet: c'est le tissu de déhiscence. Cette zone est bordée de part et d'autre par des massifs fibreux orientés selon le grand axe du fruit et parallèles à la ligne d'ouverture. Ce tissu de déhiscence se distingue du parenchyme général dès le stade bouton floral, car ses cellules sont plus petites et non alignées en fibres radiales. Dès ce stade, une désorganisation centrifuge commence à partir du bourrelet intérieur. A mesure que la capsule évolue, les méats s'étendent et confluent en

ouvrant de véritables fentes, amorces de la ligne de déhiscence loculicide. L'assise interne lignifiée est interrompue au niveau du bourrelet de la fausse cloison et en fin de capsulaison le seul élément de résistance à l'ouverture de la valve est l'épiderme (fig. 10). D'après MORRIS, le phénomène de déhiscence serait lié au développement d'une couche d'abscission à la base du pédicelle. L'arrêt de la production d'une hormone produite par la capsule et inhibant l'abscission déclencherait les deux mécanismes. Une parfaite fermeture des valves dépend du bon fonctionnement des tissus de déhiscence et une évolution des méats irrégulière ou prématurée aura pour effet d'ouvrir une voie d'accès dans la paroi carpellaire.

4.1.2. L'estimation de l'étanchéité des capsules

Dans beaucoup de régions cotonnières, la période de la fructification correspond à une forte pluviosité. A Bambari, le total des précipitations pour les mois de septembre, octobre et novembre est de 487 mm (calculés sur 20 ans); en outre, l'humidité relative moyenne est de 95 % le matin à 6 heures et ne descend que rarement au-dessous de 65-70 % en début d'après-midi. Ceci explique l'importance de l'eau de pluie ou de rosée dans les pénétrations de spores, de mycélium ou de corps bactériens au sein de la capsule. De nombreuses observations au champ, tant à Bambari qu'à Stoneville, ont montré l'importance de la non-étanchéité des fruits dans leur infection; de plus, il est prouvé depuis longtemps que le taux de pourriture des capsules varie souvent dans le même sens que la pluviométrie (RANNEY et NEWTON, 1963).

L'étude de l'évolution de l'étanchéité des capsules de trois variétés: BJA 592, D 9 et Reba B 50 en fonction de leur âge a été entreprise. Pour cela, les fleurs d'une parcelle de dix lignes de chaque variété sont étiquetées un jour par semaine durant les premières semaines de floraison, pour être ensuite récoltées par lots de 150 à 300 à l'âge de 10, 20, 30, 40 et 50 jours. L'essai se déroule de la façon suivante: les capsules d'apparence normale et saines sont débarrassées de leurs bractées et l'extrémité du pédoncule, coupée au sécateur, est obturée avec de la paraffine. Elles sont ensuite trempées dans un bain de bleu de méthylène (1 g pour 10 litres d'eau) pendant trois heures. Après avoir été lavées à grande eau et séchées sur des claies, elles sont ouvertes pour évaluer les pénétrations de teinture à l'intérieur des locules. Celles-ci sont facilement repérables, au sommet, sur les sutures intercarpelles ou dans le réceptacle à la base du fruit (tabl. 10).

L'imperméabilité carpellaire évolue avec l'âge du fruit: très bonne au début, elle diminue vers l'âge de 20 jours pour remonter légèrement jusqu'à la déhiscence. Les pénétrations sont en grande partie le fait d'une mauvaise fermeture de l'apex et leur augmentation, vers l'âge de 20 jours, correspond à la décomposition du stigmate entre les extrémités valvaires: ce dernier, en disparaissant, ouvre une voie qui va s'obturer par la suite grâce à la croissance du fruit. Les voies d'accès suturales sont peu

importantes au début, mais augmentent en nombre lorsqu'on se rapproche de la maturité. Dans le réceptacle, les cas de non-étanchéité sont diffus et à mettre au compte des nectaires. La différence observée entre les trois variétés est en relation avec leur

architecture capsulaire: BJA 592, dont le sommet est camard, présente beaucoup plus de pénétrations apicales que les deux autres, tandis que Reba B 50 a le meilleur comportement.

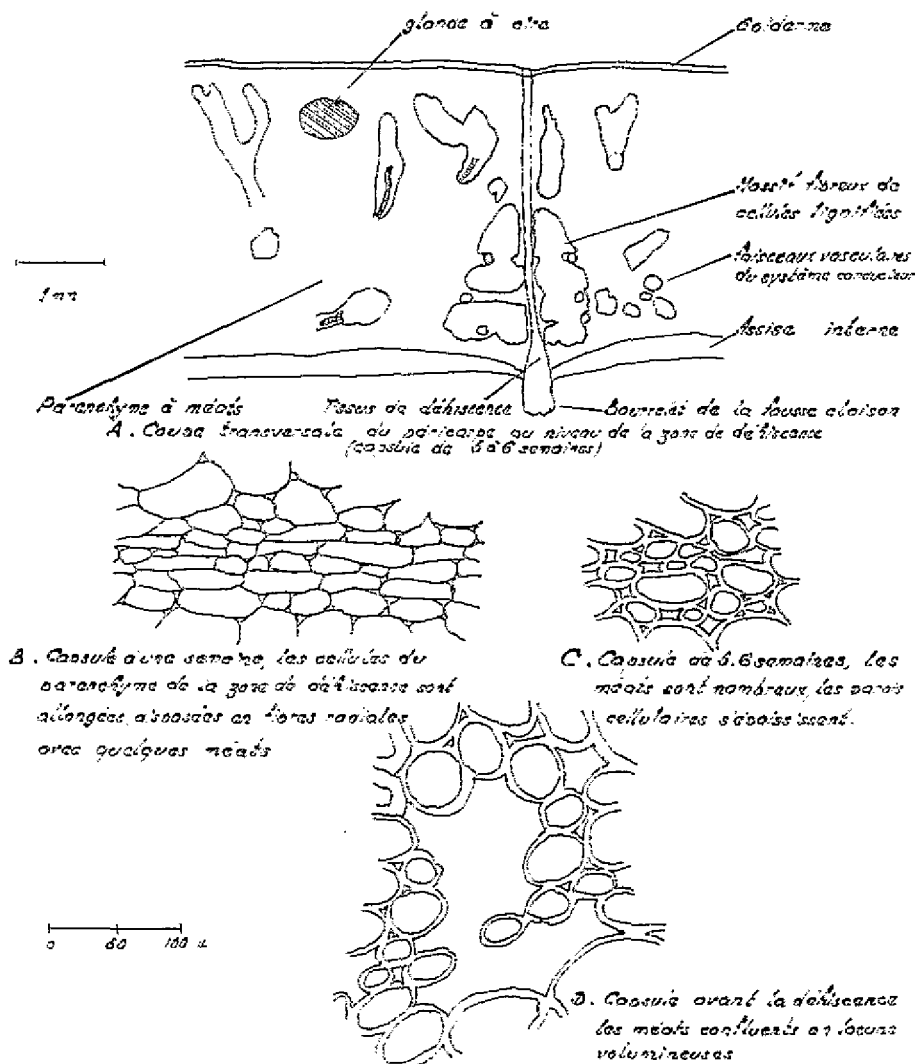


Fig. 10. — Le mécanisme de la déhiscence de la capsule d'après DE COENE (1950).

Tableau 10. — Pourcentages de pénétration à l'intérieur de la capsule en fonction de son âge pour trois variétés: A = BJA 592, B = D 9, C = Reba B 50.

Age (jours)	10			20			30			40			50		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sommet	9	2	2	34	18	9	23	12	3	15	11	3	15	10	2
Suture	0	0	0	3	6	1	5	4	1	4	3	1	6	3	2
Réceptacle	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2	2	1	1	3	0
Total	9	2	2	38	25	10	28	18	4	21	18	5	22	18	4

L'étanchéité des capsules change en fonction de leur position sur le plant : pour des fruits âgés de 25 à 35 jours, la moyenne des trois variétés est de 26 % de pénétration pour ceux ramassés sur les branches fructifères I, II à la base du cotonnier, tandis qu'elle est de 18 % sur les fructifères V, VI et VII au sommet. De la même façon, les fruits placés en position 1, c'est-à-dire issus des premières fleurs apparues sur les branches fructifères, sont plus perméables (28 %) que ceux des positions 2 et 3 (15 % en moyenne).

ASHWORTH et HINE (1971) concluent sur des données anatomiques et ontogéniques que le fruit du cotonnier est naturellement étanche et stérile, à moins que son intégrité soit atteinte. Selon ces auteurs, les pénétrations par l'apex existent mais se limitent à l'axe placentaire sans se poursuivre jusqu'à l'intérieur des carpelles qui reste clos. Dans leur étude, les capsules sont trempées dans un violet cristallin, afin d'évaluer les taux de pénétration ; cependant ni l'origine, ni la variété, ni l'âge des fruits ne sont notés.

D'autre part, il est connu que les facteurs extérieurs ont une action importante sur la morphologie de la capsule : HINKLE, BROWN in ELLIOT *et coll.* (1963) rapportent qu'une carence en zinc provoque la malformation de l'apex, de la même façon ROTHWELL *et coll.* (1967) signalent que le manque de bore initie la création d'un chancre ligneux au niveau du réceptacle dans le placenta capsulaire. Nous avons constaté, à Bambari, qu'une brusque période de sécheresse après une saison humide, ou encore une phase de plusieurs jours avec une atmosphère saturée d'eau peuvent inciter la formation de méats dans les zones de déhiscence et créer autant de voies d'accès sur les sutures des capsules immatures sans que l'on puisse parler d'une « ouverture précoce » (bas opening). En conclusion, nous pouvons affirmer que si la capsule de cotonnier est théoriquement étanche avant sa déhiscence, dans la réalité, les conditions extérieures altèrent cette étanchéité, ce qui favorise les pénétrations pariétales.

4.1.3. La pénétration pariétale dès le stade floral

BARRE (1909) montre que l'anthracnose de la capsule peut être provoquée par des pénétrations de *Colletotrichum gossypii* au stade floral. EDGERTON (1912) étudie expérimentalement cette possibilité pour *C. gossypii* et *Xanthomonas malvacearum* qui lui paraissent les seuls capables de s'introduire dans la fleur. Deux moyens d'accès sont distingués : par l'intermédiaire des pièces florales sur lesquelles l'organisme se développe et gagne les carpelles, ou bien directement dans le pistil à travers le style, ce qui provoque une pourriture interne généralisée se déplaçant du sommet vers la base. L'agent de l'anthracnose utilise les deux voies, tandis que celui de la bactériose n'emprunte que la première. Les résultats d'infection obtenus par EDGERTON sont importants avec *X. malvacearum* : 45 % au bout de deux semaines, 71 % après un mois ; pour *C. gossypii* : 45 % après deux à trois semaines dont 17 % à partir de l'apex.

A Bambari, une expérience similaire est entreprise avec trois variétés : Allen 333, D 9 et Reba B 50. Les infections sont obtenues en déversant à l'aide d'une pipette 1 ml de suspension de spores ou de bactéries par organe. L'inoculation sur fleur est faite le jour de l'épanouissement et la corolle est ensuite refermée selon la méthode décrite par EDGERTON ; une deuxième série d'inoculations est pratiquée sur des ovaires de 3 jours ; à ce moment là, les pièces florales, le gynécée excepté, ont disparu. Chaque série comprend 200 à 300 organes et les capsules analysées 25 jours après l'inoculation sont comparées à des plants témoins (tabl. 11).

Les taux d'infections obtenus sont bien plus faibles que ceux d'EDGERTON : *X. malvacearum* paraît avoir une action très faible ou même nulle : 4,7 % de pourritures pour les infections florales et 4,3 % pour les infections d'ovaires contre 45 % du témoin, tandis que *C. gossypii* joue un certain rôle, mais cependant minime, 7 % après infection de fleurs et 7,2 % après infection des ovaires de trois jours (moyenne de 3 variétés). Les pénétrations ont lieu surtout au sommet des ovaires, parfois à la base du

Tableau 11. — Résultats des inoculations florales sur trois variétés avec *C. gossypii* (= A) et *X. malvacearum* (= B).

Variétés	Allen 333					D 9					Reba B 50				
	Témoin	A		B		Témoin	A		B		Témoin	A		B	
		Fleur	Ovaire	Fleur	Ovaire		Fleur	Ovaire	Fleur	Ovaire		Fleur	Ovaire	Fleur	Ovaire
Nombre d'organes inoculés	0	289	353	290	295	0	203	210	191	145	0	344	297	300	313
Chutes d'organes	% 46,2	55,4	57,6	41,3	45,8	% 48,5	46,5	51,2	45,1	49,0	% 43,9	41,9	23,6	41,0	23,7
Momies	% 6,9	3,8	2,6	11,6	2,5	% 3,0	0,9	1,9	3,8	1,3	% 13,2	11,8	5,2	10,7	4,1
Capsules pourries	% 2,5	3,7	3,9	2,8	3,6	% 8,2	11,7	11,7	6,6	8,0	% 2,9	5,2	6,1	5,6	1,6

Tableau 12. — Localisation des pénétrations après inoculations de fleurs et d'ovaires par *C. gossypii* (A = Allen 333, B = D 9, C = Reba B 50).

Mode d'inoculation	Fleurs				Ovaires			
	A	B	C	Moyennes	A	B	C	Moyennes
Sommet	40	78	64	60	84	67	43	65
Valve	20	22	9	17	16	0	0	5
Réceptacle	40	0	27	22	0	33	57	30

réceptacle, mais rarement sur les sutures (tabl. 12); un même fruit peut présenter un, deux ou trois de ces types de pénétration.

Les infections au stade floral ne sont donc pas importantes à Bambari; cela correspond aux observations faites au champ qui montrent que les jeunes capsules subissent rarement des pourritures avant l'âge de 20 jours.

À Stoneville, la corolle desséchée peut rester accrochée à l'extrémité de la capsule, le style demeurant entre les becs des carpelles. De nombreux champignons sont isolés sur les organes floraux en voie de décomposition: par ordre d'importance décroissante: *Rhizopus nigricans*, *Alternaria tenuis*, *Chonophora cucurbitarum*. L'examen du sommet des capsules dont la corolle est adhérente montre des traces de développement mycélien interne dans 75 % des cas, tandis que 65 % des zones apicales sont infectées intérieurement par des champignons ou par des bactéries. Cependant, la pénétration s'arrête souvent là: dans un comptage, effectué sur un échantillon de 500 capsules vertes de la variété Stoneville 213, 15 % d'entre elles présentent une invasion apicale, mais 1,5 % seulement ont des signes de pénétration de ces organismes à l'intérieur des locules.

4.1.4. La pénétration par les nectaires

BALK (1958) note avoir observé au champ que le pourcentage de pourriture est plus élevé chez les capsules présentant des nectaires noircis. BAGGA et LASTER (1968) ont réussi, en serre, des infections capsulaires à travers les nectaires par l'intermédiaire d'insectes butineurs comme *Drosophila melanogaster* Meigen et *Trichoplusia ni* (Hübner); les taux de pénétration de *Alternaria tenuis* et *Fusarium moniliforme* dépassent 50 %, aussi bien avec des adultes d'élevage artificiellement infectés que des adultes sauvages. MARSH *et coll.* (1965) pensent, au contraire, que les nectaires ne constituent pas une voie d'accès dans la capsule et affirment n'avoir trouvé aucune preuve du développement de champignons dans ces glandes.

Nous avons étudié la pénétration des micro-organismes dans la capsule par l'intermédiaire des nectaires en 1966, à Stoneville (CAUQUIL et RANNEY, 1967) sur des capsules vertes de 35 à 40 jours. Trois lots de 40 capsules, traitées de façon déjà décrite (brac-

tées enlevées et désinfectées) sont inoculées avec *A. tenuis*, en plaçant un disque de gelose-mycélium de 2 mm de diamètre sur le réceptacle. Dans deux lots, la base de la capsule est recouverte d'un tampon de coton hydrophile humide et stérile; dans le troisième, l'inoculum est maintenu en place au moyen d'un pansement adhésif de 2 cm de diamètre; par ce procédé le mycélium peut atteindre les nectaires extrafloraux. Les fruits sont ensuite placés dans une atmosphère saturée d'eau à la température de 28-30 °C. Après 12 jours, le nombre des capsules pourries est respectivement pour les trois séries de 26, 20 et 28. Deux voies de pénétration sont empruntées par le champignon:

a. à travers le réceptacle, puis le placenta où il détermine une décomposition interne axillaire de la capsule;

b. sur le péricarpe avec entrée dans les carpelles au point d'insertion des sépales (aisselle du calice) et cheminement vers l'intérieur pour provoquer ensuite une pourriture interne généralisée du fruit.

Des coupes dans le réceptacle laissent apparaître quelquefois des traces caractéristiques de développement mycélien à travers les nectaires involucraux externes jusqu'aux loges (fig. 11 B). Plus rarement, les mêmes symptômes sont observés avec les nectaires involucraux internes.

Une autre expérience est entreprise pour déterminer le rôle exact joué par les nectaires et l'aisselle du calice: trois catégories de capsules obtenues dans les mêmes conditions sont inoculées par lots de 50 fruits et mises en incubation dans les conditions définies plus haut:

— capsules normales de la variété Stoneville 7A, pourvues des trois types de nectaires;

— capsules normales de la variété Stoneville 7A, totalement enrobées de paraffine, sauf les nectaires involucraux externes;

— capsules normales de Stoneville 7A Nectariless pourvues de nectaires floraux mais dépourvues de nectaires extrafloraux externes et internes.

A. tenuis est inoculé en utilisant de petits pansements adhésifs. Après 15 jours, le nombre de capsules présentant une infection interne est respectivement 44, 33 et 16. Ce résultat illustre l'importance des trois nectaires involucraux externes; cependant,

ces derniers ne constituent pas les seuls moyens de pénétration des champignons, car les nectaires involucraux internes paraissent aussi impliqués.

Une troisième expérience est effectuée sur 50 capsules de Stoneville 7A totalement enrobées de paraffine, sauf une couronne de 2 à 3 mm de large au niveau de l'aisselle du calice (ce dernier étant enlevé). L'inoculation est pratiquée de la même façon; 15 jours plus tard, 27 capsules présentent une pourriture interne.

Dans une quatrième étude, *A. tenuis* est inoculé sur 40 capsules vertes en plaçant un cube de 2 mm de côté de gélose-mycélium dans le creux de l'aisselle, entre le calice et la capsule. Après 10 jours, 14 sont infectées intérieurement. Ce résultat confirme ce qui a été trouvé lors de l'infection des capsules de Stoneville 7A Nectariless, à savoir que les ébauches du nectaire floral demeurées sur la face interne du calice peuvent faciliter l'entrée des micro-organismes. Des prélèvements faits sur 100 capsules de 40 jours environ, prises au hasard, ont montré que 80 d'entre elles présentent une infection de l'aisselle calicinale: onze champignons différents et de nombreuses bactéries sont isolés de ces prélèvements.

Les observations faites au champ apportent une confirmation complémentaire de l'incidence des nectaires dans la pénétration à la base du réceptacle, d'autres organismes que *A. tenuis* peuvent y participer: *Fusarium moniliforme* traverse expérimentalement les nectaires involucraux dans 58% des cas et *F. oxysporum* dans 40% des cas.

La possibilité de pénétration par les nectaires permet peut-être d'expliquer certains résultats de LUKE et PINCKARD (1970) qui attribuent aux bractées de nombreuses entrées à la base des carpelles. Sous le climat humide de la Louisiane où ont été faites ces observations, les bractées en se décomposant faciliteraient principalement l'accès de *Rhizoctonia solani*. L'ablation au champ des bractées ou leur suppression par la voie génétique réduirait l'incidence des pourritures capsulaires. Nous n'avons jamais observé de telles pénétrations en République Centrafricaine, et FOLLIN (1971) n'en a pas vu non plus en Côte d'Ivoire.

4.1.5. Les pénétrations à travers le péricarpe

A Bambari, les dégâts imputables aux organismes capables de se développer aux dépens des cellules

vivantes de la paroi du péricarpe et se manifestant par des pourritures visibles de l'extérieur sont faibles: un dixième environ des pourritures totales capsulaires. Peu d'organismes sont capables d'emprunter une telle voie de pénétration. Il s'agit essentiellement de la bactériose et à un bien moindre degré de l'anthracnose: un comptage, fait en 1962 sur 5 000 capsules environ (récolte « en vert » de dix échantillons de 10 mètres linéaires de cotonniers) de la variété D9 fait apparaître, sur 20% de capsules pourries, 2,5% de pourritures externes dont les 9/10 sont dues à *Xanthomonas malvacearum*, le reste à *Colletotrichum gossypii* pour l'essentiel. Les dégâts sont encore plus faibles lorsqu'on a affaire à une variété résistante à la bactériose (Reba B50 ou BJA592): 1% environ. A Stoneville, les pourritures externes ont une incidence ne dépassant pas 0,5 à 1%, car la bactériose n'existe pas et l'incidence de l'anthracnose est très faible.

A Bambari, nous avons étudié les modalités de pénétration de *X. malvacearum* dans la capsule. Un essai couple à dix répétitions avec des parcelles élémentaires de deux lignes séparées par trois lignes tampons est ensémené avec la variété D9, sensible à la bactériose. Deux objets sont comparés. Les parcelles témoins ont une infection primaire par *X. malvacearum* réduite au minimum grâce au traitement des semences par délitage à l'acide sulfurique et par désinfection à l'aide d'un sel organo-mercurique. Ces précautions ne sont pas prises pour les parcelles infectées qui subissent, en outre, deux inoculations par pulvérisation sur les plants d'un jus de feuilles infectées et écrasées selon la méthode décrite par LAGÈRE (1960), 84 et 99 jours après les semis. L'infection foliaire a très bien réussi, puisque quinze jours après la deuxième inoculation, 50% des limbes environ sont atteints, cependant que les parcelles témoins ne présentent pas de trace de bactériose. Dix jours après la deuxième pulvérisation, l'analyse des capsules est faite sur dix échantillons par traitements et leur état sanitaire est exposé dans le tableau 13.

Tous les résultats obtenus présentent entre eux des différences significatives au seuil de probabilité de 0,01. Dans cette expérience, les dégâts de pourritures sont doublés par l'inoculation artificielle foliaire avec *X. malvacearum*: il faut noter que si les symptômes de pourriture externe visibles de l'extérieur et dus à l'action de la bactérie seule en tant que pathogène augmentent de 262%, les pour-

Tableau 13. — Résultats de la contamination de cotonniers par *X. malvacearum* sur les pourritures de capsules.

Traitement	Nombre de capsules examinées	% capsules saines	% capsules chenillées	% capsules pourries		
				Total	Pourritures externes	Pourritures internes
Témoin	3 933	86,0	3,7	10,2	3,7	6,5
Parcelle contaminée	4 119	77,3	2,0	20,7	9,7	11,0

ritures internes attribuables à des pénétrations insidieuses sans nécrose externe s'accroissent de 170 %, ce qui prouve que *X. malvacearum*, tout en ayant les moyens de « faire son chemin seul », utilise aussi des auxiliaires.

Une expérience plus précise menée en 1965 sur deux variétés D 9 (sensible) et Reba B 50 (résistante) a pour objet d'infecter des fruits d'âge connu protégés par un sac de cellophane de toute attaque extérieure préalable à l'inoculation. Ces pulvérisations sont faites à différentes dates sur des ovaires âgés de 2, 7 et 21 jours, avec un jus de feuilles atteintes par la bactériose, broyées dans de l'eau seule à raison de 1 kg de limbe pour 10 litres d'eau. L'analyse de l'état sanitaire des capsules au bout de 25 jours est consignée dans le tableau 14.

D'après cette expérience, tout au moins pour la variété sensible, les pourritures sont d'autant plus importantes que l'inoculation est faite sur des fruits plus âgés et il y a un certain nombre d'attaques de la paroi du péricarpe qui n'atteignent pas les tissus internes. Les lésions se localisent différemment selon l'époque de l'infection : les nécroses de l'apex augmentent en même temps que l'âge du fruit, tandis que celles des sutures ou du réceptacle diminuent.

Que l'agent de pourriture soit *X. malvacearum* (LAGIÈRE, 1960) ou un champignon, les pénétrations se font essentiellement à partir des stomates. BARRR et PINCKARD (1970) précisent qu'à partir de l'âge de 20 à 25 jours, les cellules reniformes des stomates péricarpiques ne sont plus fonctionnelles et tombent en sénescence en laissant l'ostiole ouvert. La chambre sous-stomatique peut ainsi être pénétrée par des organismes tels que : *Alternaria*, *Curvularia*, *Diplodia*, *Fusarium* et *Verticillium*.

Lorsque les capsules atteignent l'âge de 3 à 4 semaines, en saison particulièrement humide, les tissus de l'exocarpe se ramollissent et l'épiderme recouvrant les glandes à résine se déchire. Les valves sont alors

parsemées de taches brunes dues à l'exsudation de la sécrétion. Certains organismes peuvent traverser la paroi carpellaire et atteindre les loges sans laisser de trace à l'extérieur des valves. A Bambari, nous avons isolé *Ascochyta gossypii* et *Colletotrichum gossypii* aussi bien du péricarpe que des graines atteintes sur des capsules présentant de tels symptômes.

Une étude « in vitro » des possibilités de pénétration dans la capsule d'organismes considérés comme des parasites de blessure a été entreprise à Stoneville. Des capsules de Stoneville 7A âgées d'une trentaine de jours sont traitées comme dans les expériences précédentes et inoculées en différents endroits : au milieu de la valve, sur la bande de déhiscence, sur le sommet. L'inoculation par contact est effectuée en plaçant un disque de gélose-mycélium de 2 mm de diamètre environ sur un pansement adhésif humidifié de la même dimension et en plaçant celui-ci dans la position choisie. Sept champignons sont utilisés : *Alternaria tenuis*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. roseum*, *F. solani*, *Helminthosporium* sp. et *Cladosporium herbarum*. L'infection mycelienne peut se faire de trois façons :

- a) à la surface des carpelles sans pénétrer dans les cellules du mésocarpe ;
- b) à l'intérieur des tissus péricarpiques sans toutefois traverser l'assise interne lignifiée de l'endocarpe ;
- c) A travers la paroi capsulaire y compris l'assise lignifiée pour atteindre l'intérieur des carpelles et s'attaquer aux loges.

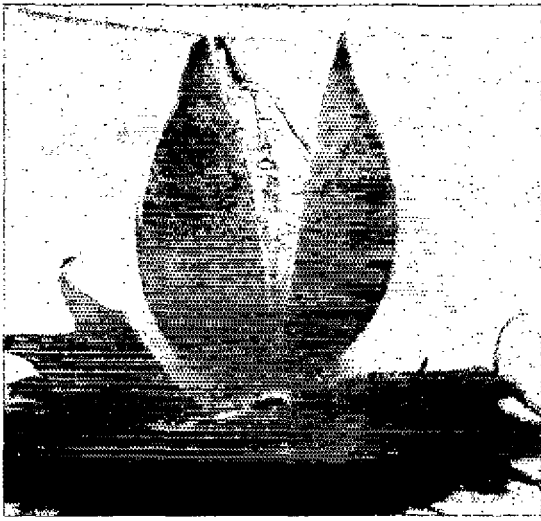
Les deux premiers types d'infection sont considérés comme des développements externes du mycélium à la surface de la capsule, tandis que dans le dernier cas, il s'agit d'une pénétration mycelienne profonde. 10 à 12 jours après l'inoculation, les capsules sont ouvertes et les notations de ces différents types de développement des parasites sont rapportées dans le tableau 15.

Tableau 14. — Résultats de l'infection artificielle de jeunes capsules par *X. malvacearum*.

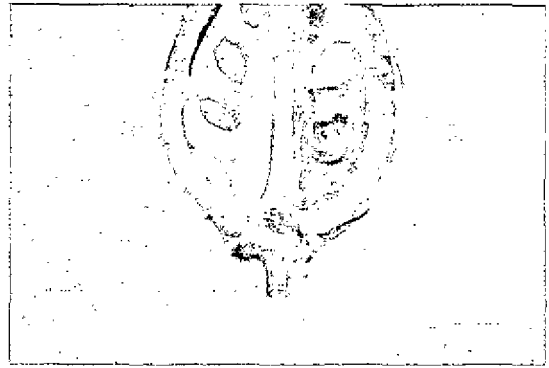
Nature des dégâts Type d'infection	Nombre d'organes inoculés	Nombre de capsules pourries extérieurement*	Localisation des attaques nombre de capsules attaquées		
			Apex	Valve	Réceptacle
<i>Variété D 9</i>					
2 jours	444	73 (34)	17	28	28
7 jours	409	89 (10)	31	52	6
21 jours	326	199 (20)	142	47	10
<i>Variété Reba B 50</i>					
2 jours	679	12 (4)	0	12	0
7 jours	170	0 (—)	—	—	—
21 jours	344	11 (2)	2	9	0

* Entre parenthèses le nombre de capsules pourries à l'intérieur des valves.

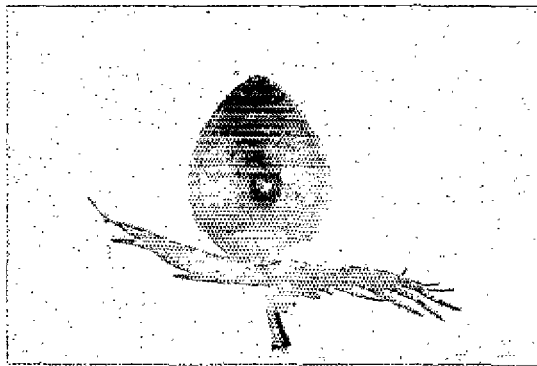
PLANCHE III



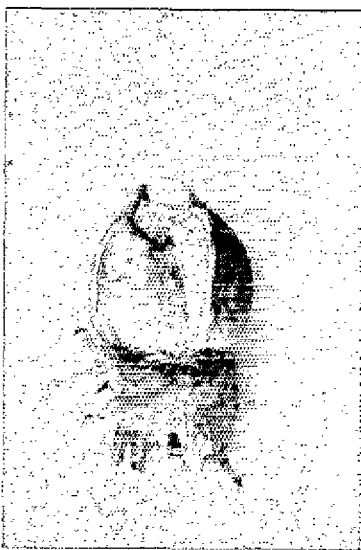
A



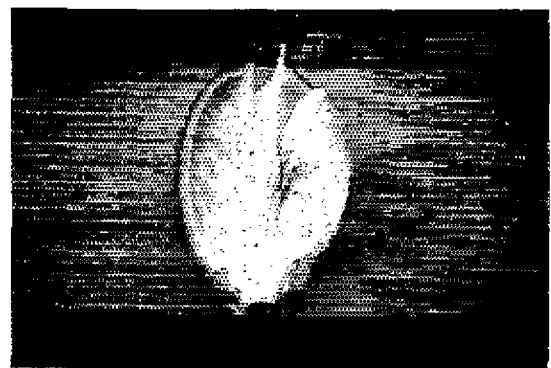
B



C



D



E

Fig. II. — Les différents modes de pénétration :

- A - Pariétale à la suite d'une mauvaise étanchéité.
- B - A travers les nectaires involucraux externes.
- C - Directement à travers le péricarpe au centre de la valve.
- D - Directement à travers le péricarpe à la faveur d'une suture.
- E - Par voie interne.

Tableau 15. — *Développements externes et pénétration de divers parasites en fonction de différents lieux d'infection capsulaire.*

Organismes inoculés	Nombre de capsules inoculées	Nombre de capsules avec développement mycélien externe et pénétration profonde		
		Valve	Suture	Apex
<i>Alternaria tenuis</i>	40	2 (1)	10 (3)	14 (6)
<i>Fusarium moniliforme</i>	40	10 (2)	10 (5)	20 (16)
<i>Fusarium oxysporum</i>	20	0	0	4 (2)
<i>Fusarium roseum</i>	20	2 (0)	1 (0)	6 (2)
<i>Fusarium solani</i>	20	0	0	3 (2)
<i>Helminthosporium</i> sp.	20	1 (0)	1 (0)	3 (1)
<i>Cladosporium herbarum</i>	20	0	0	2 (0)

* Le premier chiffre se rapporte au développement mycélien externe, le chiffre entre parenthèses exprime les pénétrations dans la locule.

Ces résultats signifient que dans des conditions idéales d'infection, la presque totalité de ces champignons peut se développer aux dépens des tissus péricarpiques ; cependant, deux seulement : *A. tenuis* et *F. moniliforme*, sont susceptibles de traverser le péricarpe avec une faible chance de réussite : 3 et 5 %. Par contre, en utilisant les imperfections de la ligne de déhiscence ou du sommet, tous sauf un (*C. herbarum*) peuvent se glisser à l'intérieur de la capsule.

De cette étude des pénétrations pariétales il ressort que l'entrée directe à travers les tissus vivants de l'enveloppe carpellaire est l'apanage d'un petit nombre d'agents de pourriture. Dans la nature, nous n'en avons observé que trois : *Ascochyta gossypii*, *Colletotrichum gossypii* et *Xanthomonas malvacearum*. Mais d'une part, d'autres organismes qui n'entrent habituellement qu'à la faveur de blessures ou d'ouvertures naturelles peuvent y parvenir dans certaines conditions de milieu, en faibles proportions il est vrai ; d'autre part, les premiers cités n'utilisent pas toujours leur possibilité de traverser les cellules vivantes du péricarpe et peuvent emprunter des voies plus faciles comme les imperfections carpelaires ou les nectaires.

4.2. Les pénétrations par l'intermédiaire des blessures

Des facteurs aussi divers que les broches des récolteuses mécaniques, la grêle ou les prédateurs peuvent jouer un rôle dans la pénétration des micro-organismes dans la capsule. Cependant, les insectes sont les plus importants et si aux Etats-Unis ce rôle peut être dévolu au charançon (*Anthonomus grandis* Boh.) ou à différents Mirides, en Centrafrique ce sont des *Dysdercus* qui par leurs piqûres ouvrent la porte à de nombreuses infections du milieu capsulaire.

4.2.1. Le *Dysdercus* et son importance dans les pourritures de capsules

A Bambari, la quasi-totalité des piqûres observées

sur capsules sont dues à *Dysdercus vólkeri* Schmidt (PIERRARD, 1967), Hemiptère, de la famille des Pyrrhocoridés. Le genre *Dysdercus* est très largement distribué sous les Tropiques, dans de nombreux pays cotonniers. D'après PIERRARD (1969), les dégâts sur capsules sont provoqués par les adultes de la première génération qui migrent dans les cotonneries vers la fin du mois de septembre pour y subsister quelques semaines seulement ; l'infestation primaire est constituée par une population de quelques milliers d'individus à l'hectare (3 000 à 6 000).

Les migrants pondent mais les jeunes larves issues de ces œufs ne peuvent pas piquer les capsules immatures car leurs stylets sont trop courts et durant les trois premiers stades de leur développement, elles se nourrissent essentiellement aux dépens des graines des fruits entrés en déhiscence. Dès que les larves atteignent les quatrième et cinquième stades, leurs stylets sont assez longs pour traverser la paroi des carpelles. Les cinq stades du développement larvaire de l'insecte durent de 40 à 60 jours.

La flore associée à *D. vólkeri* a été étudiée selon une technique exposée par STEINHAUSS (1947). La flore externe est obtenue après lavage de l'insecte vivant pendant cinq minutes dans de l'eau stérile ; ce liquide est ensuite ensemencé directement dans une boîte de Pétri renfermant de l'eau gélosée. Vingt-cinq *Dysdercus* sont ainsi traités à raison de deux boîtes de Pétri par insecte. Nous avons pu observer : *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. et diverses Mucorinées mélangées à des bactéries.

Pour déterminer les éléments de la flore interne, les insectes sont en premier lieu désinfectés extérieurement par trempage dans une solution d'alcool à 70° et de chlorure mercurique à 0,1 %. Le lavage est renouvelé à cinq reprises dans des bains différents séparés par des rinçages à l'eau stérile. Les *Dysdercus* sont ensuite écrasés individuellement dans un mortier avec du sable stérile et la poudre est ensemencée sur eau gélosée à raison de cinq boîtes de Pétri par individu. Les thalles sont repiqués dans des tubes de PDA, tandis que ni les mycé-

hums stériles, ni les bactéries ne sont retenus. Les genres et espèces identifiés sont les suivants :

Allecheriella crocea (Montagne) Hughes ;
Aspergillus flavus Lk ex Fr. ;
Aspergillus niger V. Tiegh. ;
Aspergillus sp. ;
Botryodiplodia theobromae Pat. ;
Cunninghamella elegans Lendner ;
Colletotrichum gossypii South ;
Fusarium moniliforme (Sheld) Sn. et H. ;
Fusarium solani Mart (Appel et Wr) Sn. et H. ;
Mucor mucedo (L.) Bref. ;
Penicillium sp. ;
Phoma sp. ;
Rhizopus nigricans Ehr. ;
Spicaria sp.

Ces champignons ont déjà été isolés dans les capsules pourries, sauf *Allecheriella crocea*, *Mucor mucedo* et *Spicaria* sp. qui sont connus pour faire partie de la flore associée aux insectes. Malgré les affirmations de PEARSON et MAXWELL (1958) qui considèrent que les Endomycétales : *Ashbya* (= *Nematospora*) se retrouvent dans le tractus digestif des insectes piqueurs, nous ne l'avons pas isolé dans les glandes salivaires et le tube digestif de dix *Dysdercus* récoltés au champ sur capsules pourries. La dissection a été faite stérilement et les organes ensemencés sur eau gélosée dans des boîtes de Pétri. Ce résultat négatif vient à l'appui des conclusions de FRAZER (1944).

D'après les observations exposées dans le tableau 6, au chapitre 2, les pourritures internes de capsules présentant des traces de piqûres de *Dysdercus* atteignent à Bambari 7,6 %, soit 61 % des dégâts en moyenne. Afin de confirmer l'importance des Hémiptères nous avons mis en comparaison trois parcelles de 5 ares environ. La première n'a aucune protection contre les insectes, la seconde reçoit quatre applications d'insecticides durant la phase de fructification, tandis que la troisième bénéficie de deux pulvérisations par semaine, soit un total de 25 à 30 durant la campagne. Le produit utilisé est de l'endrine à 20 % à la dose de 400 ml de matière active, par hectare. L'état sanitaire des trois parcelles est évalué par l'analyse en vert de 2 000 capsules environ dans chaque cas et consigné dans le tableau 16.

Le taux de capsules pourries diminue lorsque la protection contre les insectes s'améliore et c'est essentiellement le fait de la disparition des pourritures internes attribuables à des piqûres de *Dysdercus* : en 1965, pour les parcelles examinées, l'importance relative des pourritures avec piqûres est respectivement dans les trois cas de 27, 14 et 2 %.

Cependant, les examens directs au champ ne permettent pas de déterminer exactement le rôle des Hémiptères ; pour le préciser, l'infection artificielle sous cage est nécessaire.

4.2.2. La technique de l'infection artificielle sous cage

Deux cages de 90 m² de surface et 2,20 m de haut ont été construites. Elles sont constituées d'une charpente métallique recouverte d'un tissu de fibres de verre enrobées de résine synthétique (textiglass) avec des fils de 0,4 mm de diamètre et des mailles de 0,15 x 0,10 mm. Ces abris arrêtent à peu près totalement les insectes sauf les pucerons, les cicadelles et autres petits Hémiptères, et de toute façon deux à trois applications insecticides en début de végétation garantissent un parfait isolement. Les cotonniers semés et cultivés selon les méthodes habituelles sont cependant influencés par la diminution de l'éclairement imputable au grillage : leur taille est plus élevée que la normale, leur floraison utile, quoique normale, est retardée d'une à deux semaines et dure plus longtemps qu'au champ (10 semaines au lieu de 7 à 8), la chute des organes fructifères est augmentée de 10 % environ, tandis que la durée de la période de maturation ne change pas.

Les essais d'infection artificielle sous cage par les *Dysdercus* menés pendant sept années successives ont eu d'abord pour objectif de reproduire et caractériser les symptômes de pourriture interne par piqûre, ensuite de déterminer les facteurs influençant l'appétibilité des capsules à l'égard des *Dysdercus*.

4.2.2.1. La reproduction des dégâts

Le premier problème à résoudre a été celui de l'importance de la population infestante de *Dysdercus* à mettre en présence des cotonniers : le nombre de 2 à 3 adultes par plant a donné le

Tableau 16. — Etat sanitaire des capsules en fonction de la protection contre les insectes.

Etat sanitaire	Capsules saines %		Capsules avec chenilles %		Capsules pourries %		Quotients de pourriture %	
	1964	1965	1964	1965	1964	1965	1964	1965
Types de protection								
Pas de protection	37	42	21	25	42	33	53	44
4 applications au cours du cycle	55	73	10	8	35	19	39	20
2 applications par semaine	88	93	0,4	0	12	7	12	8

Tableau 17. — *Infection artificielle sous cage par Dysdercus.*

Variétés	Nombre de capsules étudiées	Capsules saines %	Capsules pourries avec piqûres %	Capsules pourries sans piqûre %
Allen 333	1 787	53	38	9
D 9	1 617	52	43	5
Reba B 50	1 446	49	44	7

meilleur résultat et a laissé un libre choix aux insectes qui ne sont pas ainsi en état de compétition. Excepté la première année où nous avons utilisé des *Dysdercus* d'élevage, nous avons par la suite employé des individus sauvages récoltés la veille du lâcher dans la cage; ces derniers sont plus robustes et le taux de mortalité moyen est de 30 à 50 % au bout d'une semaine, la population se stabilisant ensuite.

Durant ces premières expériences, les *Dysdercus* sont lâchés vers le 120-125^e jour de la culture des cotonniers et leur présence dure pendant la majeure partie de la capsulaison, comme cela se passe dans la nature lors de l'invasion par les migrants. Après 40 à 45 jours, toutes les capsules sont récoltées et examinées afin d'étudier le rôle qu'ont joué les Hémiptères dans leur état sanitaire. La première fois, trois variétés sont semées: Allen 333, D 9 et Reba B 50, à raison de six lignes chacune réparties au hasard. Le tableau 17 expose les résultats de l'analyse des capsules. La grande majorité des fruits pourris portent des traces de piqûre à l'intérieur des parois carpellaires et les symptômes de pourriture interne sont facilement caractérisés: pas de nécrose externe, nombreuses réactions néoplasiques à l'intérieur des valves et sur l'axe placentaire, décomposition souvent totale des loges colorées en brun rougeâtre. Cet essai ne permet cependant pas de déterminer exactement l'incidence des piqûres dans l'intensité des dégâts.

Au cours d'une seconde expérience, 150 cotonniers de deux variétés: Allen 333 et Reba B 50, sont plantés ensemble et répartis au hasard (3 lignes de chaque variété) dans deux compartiments qui reçoivent les mêmes soins culturaux. L'une de ces cages est infestée par une population de 1,5 adulte par plant, tandis que l'autre ne l'est pas. Le lâcher a lieu vers le 145^e jour de culture et l'infestation dure 40 jours. Dès l'élimination des insectes, les capsules sont analysées dans les deux compartiments. Le tableau 18 montre par différence l'intensité des dégâts produits par une infestation de cette importance: 17 et 19 % de capsules atteintes et 8 et 9 % de loges détériorées, respectivement pour les deux variétés.

Ces deux expériences ont permis de constater que l'appétibilité des capsules vis-à-vis des *Dysdercus* ne dépend pas de leur position sur le plant mais de leur degré de maturation. Ce sont les fruits déhis-

Tableau 18. — *Estimation des dégâts dus aux Dysdercus après infection artificielle sous cage.*

Dégâts \ Variétés	Allen 333	Reba B 50
A. Cage avec <i>Dysdercus</i>		
Nombre de capsules	1 074	872
% capsules saines	70	66
% capsules pourries	30	34
% loges saines	83	83
% loges pourries	13	17
B. Cage sans <i>Dysdercus</i>		
Nombre de capsules	1 210	975
% capsules saines	87	85
% capsules pourries	13	15
% loges saines	95	92
% loges pourries	5	8
A. moins B. Dégâts dus aux <i>Dysdercus</i>		
% capsules pourries	17	19
% loges pourries	8	9

cents qui attirent le plus les insectes et en conséquence nous avons éliminé des comptages les capsules ouvertes au début de l'infestation.

4.2.2.2. L'étude de l'appétibilité à l'égard des *Dysdercus*

Lors des précédentes expériences, il n'a pas été possible de tirer de conclusions au sujet du comportement variétal à l'égard des *Dysdercus*. La raison essentielle tient à ce que l'appétibilité des capsules dépendant de leur état physiologique, il était difficile de comparer des cotonniers dont la précocité et l'échelonnement de la floraison sont différents. En fait, la comparaison n'est possible qu'entre fruits parvenus au même stade de développement au moment de l'infestation. Pour cela, les ovaires sont marqués le jour de leur fécondation et les analyses sanitaires à la fin de l'expérience sont réalisées par classes du même âge à 10 jours près. L'infestation débute au moment où s'ouvrent les premières capsules, son volume est de deux adultes par cotonnier et sa durée d'une semaine. L'âge des capsules analysées est décompté à partir du quatrième jour après le lâcher des *Dysdercus*.

Au cours de l'expérience décrite ici, 150 plants de deux variétés : Allen 333 et Reba B 50, sont cultivés dans deux compartiments contigus. Cependant, pour que les phases de fructifications des deux variétés soient le plus semblables possible, l'Allen 333 est semé 10 jours avant le Reba B 50 qui est plus précoce. Le tableau 19 compare les floraisons et les capsulaisons de chaque décade dans les deux compartiments ; elles apparaissent comme semblables grâce à cet artifice.

L'analyse sanitaire d'un cotonnier sur deux à la fin de l'expérience permet d'étudier l'appétibilité des capsules en fonction de leur âge vis-à-vis des *Dysdercus*. Comme l'expriment les chiffres du tableau 20, les capsules attirent d'autant plus les Hémiptères qu'elles sont plus âgées. Le maximum de piqûres est obtenu à l'âge de 31-40 jours pour les fruits de la variété Reba B 50 et à l'âge de 41-50 jours pour ceux de la variété Allen 333. Les très jeunes ovaires de moins de 10 jours suscitent aussi des piqûres qui dans de nombreux cas peuvent provoquer la chute de ces organes. Ce sont les classes d'âges qui ont le plus d'appétibilité à l'égard des *Dysdercus* qui reçoivent le plus de piqûres par capsule piquée : 13,4 lésions en moyenne sur les fruits âgés de 41-50 jours de l'Allen 333 et 11,6 lésions

en moyenne sur les fruits âgés de 31 à 40 jours du Reba B 50.

Les piqûres sur une seule capsule peuvent atteindre un total élevé : un maximum de 78 sur la variété Allen 333, et de 48 sur la variété Reba B 50. Les taux de capsules recevant plus de dix piqûres sont sensiblement les mêmes chez les deux variétés, 25 % pour Allen 333 et 27 % pour Reba B 50.

Il y a une relation étroite entre les piqûres et la pourriture d'une capsule, mais au cours de l'analyse faite à la fin de la période d'infestation par les *Dysdercus*, tous les fruits piqués ne sont pas pourris : 31 % sont encore sains pour la variété Allen 333 et 34 % pour la variété Reba B 50. Lors d'une seconde analyse faite 20 jours plus tard sur les cotonniers restants, ces taux s'abaissent à 8 et 4 %. Les fruits piqués mais ne présentant pas de symptômes de pourritures portent, en moyenne, moins de lésions que ceux qui sont pourris : 7,8 piqûres par capsule contre 13,9 dans le cas de l'Allen 333, et 6,9 piqûres par capsule contre 13,1 dans le cas du Reba B 50.

Une étude de la localisation des piqûres sur les valves est exposée dans le tableau 21. L'emplacement des lésions est porté, pour l'ensemble des capsules

Tableau 19. — *Floraison et capsulaison décadaires des deux variétés Allen 333 et Reba B 50.*

Décades de floraison	Nbre de fleurs par plant		Nbre de capsules par plant			
	Allen 333	Reba B 50	Allen 333		Reba B 50	
14-9 - 23-9	3,6	3,7	0,8	7 %	0,8	7 %
24-9 - 2-10	5,3	3,9	1,7	14 %	1,7	15 %
4-10 - 13-10	6,7	4,4	3,2	26 %	2,5	22 %
14-10 - 23-10	6,8	4,8	2,9	24 %	2,6	23 %
24-10 - 2-11	7,0	4,1	2,3	20 %	2,3	21 %
2-11 - 12-11	5,8	2,9	0,9	7 %	0,9	8 %
13-11 - 22-11	2,3	1,4	0,3	2 %	0,4	4 %
Totaux	37,2	25,2	12,3	100 %	11,2	100 %

Tableau 20. — *Répartition des piqûres en fonction de l'âge des capsules.*

Répartition des piqûres Âge des capsules	% de capsules piquées		Nbre moyen de piqûres par capsule	
	Allen 333	Reba B 50	Allen 333	Reba B 50
0 - 10 jours	28	21	10,3	2,4
11 - 20 jours	12	18	7,0	6,5
21 - 30 jours	19	24	6,4	7,6
31 - 40 jours	44	48	11,0	11,6
41 - 50 jours	60	34	13,4	11,0
51 - 60 jours	57	30	7,7	6,1
Moyenne	37	29	9,3	7,5

piquées de deux variétés sur un croquis représentant une valve schématisée. Deux modes de répartition des piqûres sont envisagés (fig. 12). Dans un premier découpage, trois zones sont déterminées par des lignes perpendiculaires à l'axe placentaire : le sommet, la partie centrale et le réceptacle capsulaire. Dans un second découpage parallèle à l'axe placentaire, trois parties sont délimitées : une bande latérale le long des lignes de déhiscence, la zone centrale au niveau de l'insertion de la cloison intercarpellaire et la partie intermédiaire. La répartition des piqûres dans chacune de ces zones est comparée à une répartition théorique calculée selon les lois du hasard en fonction de leur surface relative. Les capsules saines ont une répartition des piqûres voisine de celle des capsules pourries, ce qui permet de conclure que la détérioration des carpelles ne dépend pas de l'emplacement des lésions. Parmi les zones ainsi délimitées dans le premier cas, l'apex possède une appétibilité à l'égard des *Dysdercus* plus forte que celle du réceptacle et de la partie médiane. Dans le second cas, les lignes de déhiscence et l'insertion des cloisons intercarpellaires ne semblent pas être douées d'une appétibilité différente du reste de la valve, comme on pourrait être tenté de le penser, à cause de leur texture particulière. En outre, les deux variétés considérées paraissent avoir un comportement comparable.

En bref, il semble que les insectes piquent le fruit de préférence au centre de la valve sur la partie la plus rebondie, de façon à entrer le plus facilement en contact avec les graines des loges. C'est de cet endroit, d'ailleurs, que partent la majeure partie des pourritures dues aux *Dysdercus*.

Dans une autre expérience, six variétés Allen 333, BJA 592, D 9, E 40, Reba B 50 et Reba BTK 12, sont mises en comparaison dans la même cage, chacune avec trois lignes de 20 plants réparties au hasard. L'infestation par les *Dysdercus* a lieu à compter du 110^e jour après le semis et dure une semaine, son volume est de deux insectes adultes par cotonnier.

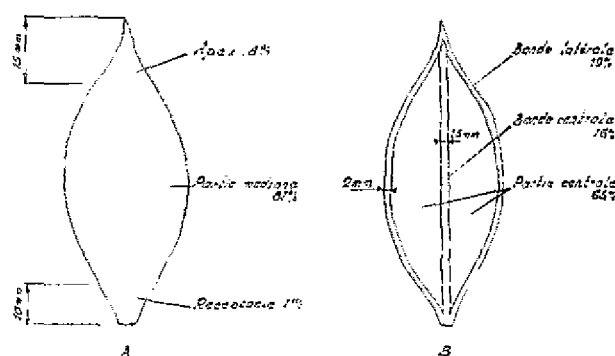


Fig. 12. — Répartition des piqûres sur les carpelles.

A - Répartition longitudinale.

B - Répartition transversale.

Au moment du lâcher des Hémiptères, les capsules de chaque variété présentent une répartition selon leur degré de maturité exposée dans le tableau 22.

Après l'infestation, il se confirme que les capsules les plus appétibles à l'égard des *Dysdercus* appartiennent aux classes d'âge 31-40 et 41-50 jours. Pour les deux variétés Reba B 50 et Reba BTK 12, le maximum d'attraction vis-à-vis des insectes paraît se placer avant les autres variétés : 31-40 jours au lieu de 41-50 jours (tabl. 23). Les six variétés testées présentent des taux différents de capsules piquées et, comme dans le tableau 6 qui donne des résultats obtenus au champ, ce sont les deux variétés Reba BTK 12 et BJA 592 qui ont le meilleur comportement. Ceci permet d'envisager la possibilité d'une sélection de variétés ou de lignées.

Dans le tableau 24, le taux de capsules piquées et le nombre moyen de lésions par capsule attaquée changent selon les variétés. Il ne paraît pas y avoir

Tableau 21. — Répartition longitudinale et transversale des piqûres sur les valves.

Répartition des piqûres %	Theorique	Allen 333		Reba B 50	
		Capsules pourries	Capsules non pourries	Capsules pourries	Capsules non pourries
Emplacements capsulaires					
<i>Localisations longitudinales :</i>					
Sommet	8	17	19	20	22
Bas	11	4	5	5	2
Reste	81	79	76	75	76
<i>Localisations transversales :</i>					
Bande de déhiscence	19	15	17	16	15
Insertion des cloisons	16	14	12	10	12
Reste	65	71	71	74	73

Tableau 22. — *Capsulaison au moment de l'infestation par les Dysdercus.*

Variétés	Nombre de fleurs	Nombre de capsules	Classes d'âges %				
			0-10 j	11-20 j	21-30 j	31-40 j	41-50 j
Allen 333	1 160	563	21	29	34	13	3
BJA 592	1 063	487	16	26	38	17	3
D 9	1 224	663	23	33	30	10	4
E 40	978	465	16	23	31	19	6
Reba B 50	951	593	17	26	27	19	11
Reba BTK 12	1 096	473	14	20	26	27	13

Tableau 23. — *Appétabilité des capsules en fonction de l'âge et de la variété, exprimée en pourcentage de capsules piquées (entre parenthèses: les intervalles de confiance à 0,95).*

Age des capsules (jours)	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	Moyennes
Variété						
Allen 333	7	30	45	59	60	40 (36-45)
BJA 592	12	20	25	33	50	28 (25-33)
D 9	4	26	50	68	70	44 (40-48)
E 40	8	15	40	48	51	32 (28-36)
Reba B 50	8	14	35	54	52	34 (30-38)
Reba BTK 12	6	19	25	44	31	25 (21-29)
Moyennes	7 (5-14)	21 (15-27)	37 (28-46)	47 (38-55)	52 (46-58)	

de relation nette pour une variété donnée entre ces deux éléments. L'appétabilité des capsules à l'égard des Hémiptères serait donc l'addition de deux composantes: l'une qui les incite à piquer le plus grand nombre possible d'organes fructifères sur un même plant et l'autre qui les conduit à répéter plus ou moins fréquemment la prise de nourriture sur un

même fruit. Ces deux facteurs conditionnent l'importance des dégâts de pourriture dus aux *Dysdercus* sur les variétés étudiées mais, comme nous le verrons au chapitre suivant, la résistance interne de la capsule au développement des micro-organismes entre aussi en jeu.

Tableau 24. — *Relation entre l'intensité des piqûres et les dégâts de pourritures.*

Variétés	Etat sanitaire	Capsules piquées	Nbre moyen de piqûres par capsule	Loges pourries	Nbre moyen de loges pourries par capsule pourrie
		%		%	
Allen 333		40	10,1	25	2,25
BJA 592		28	4,7	7	1,75
D 9		44	7,2	10	2,48
E 40		32	4,9	15	2,23
Reba B 50		34	10,8	18	2,07
Reba BTK 12		25	7,5	8	1,89

4.2.3. Discussion

L'importance des *Dysdercus* dans les pourritures de capsules est signalée pour la première fois par NOWELL (1917) aux Indes Occidentales. Par la suite leur rôle a été reconnu par RHINO (1927) en Birmanie, LAYCOCK (1925) au Nigeria, VAISSEIRE (1930) en Afrique de l'Ouest, MOORE (1930) en Afrique du Sud, PEARSON (1934, 1935) en Afrique Orientale, STEYAERT (1934, 1939) au Zaïre, BARDUCCI (1945) au Pérou. Pour certains de ces auteurs, les *Dysdercus* appartenant à différentes espèces selon les pays ainsi que d'autres Hémiptères voisins ont la possibilité d'introduire dans le fruit du cotonnier des champignons bien définis: Protoascomycètes, Endomycétales des genres *Ashbya* (*Nematospora*) ou *Sperminophthora*, comme cela a déjà été signalé pour le noisetier, le caféier, les agrumes et certaines légumineuses. Le mécanisme de la transmission étudié par FRAZER (1944) sur des adultes d'élevage mis en présence de *Nematospora*, montre que le champignon peut se retrouver dans la poche des stylets mais pas dans le tractus intestinal. L'infection des capsules est obtenue après visite d'individus porteurs de la maladie. Cependant, le corps de l'insecte ne constitue pas un hôte obligatoire pour le micro-organisme et l'Hémiptère doit être considéré comme un simple vecteur des champignons. Il s'agit par conséquent d'une contamination externe.

Le développement de tels champignons dans la capsule provoque les symptômes décrits par NOWELL (1917) sous le terme d'« Internal boll disease » ou de « stigmatomycose ». Ils sont caractérisés par des nécroses profondes des locules avec de nombreuses formations néoplasiques du mésocarpe, de couleur rouge ou brun rougeâtre: cet aspect a permis aux Anglais de donner le nom de « cotton stainer » à l'agent vecteur, à cause de la coloration de la fibre.

PEARSON (1948) sépare l'action de la piqure elle-même qui n'a d'importance réelle que sur les jeunes capsules, et l'action de *Nematospora* qu'il inocule artificiellement à des fruits d'âges différents. Il considère qu'en Afrique Orientale les insectes peuvent ne pas être infectés et que, lorsqu'ils le sont, ils transmettent presque uniquement ce champignon. Sur des capsules âgées de moins de deux à trois semaines, les embryons des graines sont tués par l'action mécanique des stylets et les fruits chutent souvent; plus tard, sur des capsules de trois à quatre semaines la piqure donne lieu à des formations néoplasiques; passé cet âge, il n'y en a plus. L'auteur pense que ces excroissances peuvent être considérées comme une réaction tissulaire à la salive des Hémiptères ou au mycélium introduit. En ce qui concerne les dégâts, le champignon détruit la totalité de la fibre si l'inoculation a lieu durant les trois premières semaines; au cours de la quatrième semaine, le lint reste aggloméré donnant « des quartiers d'orange », après cette date, il y a seulement coloration.

Il est admis qu'en plus des Endomycétales, les *Dysdercus* peuvent faciliter la pénétration d'autres champignons et surtout de bactéries dont *X. malvacearum* (LAGIERE, 1960): dans l'expérience citée dans

le tableau 12, l'augmentation des pourritures internes obtenue après inoculation artificielle s'explique essentiellement par les piqures s'ajoutant aux pénétrations pariétales. Pour COGNIE et FRANKING (1966), les *Dysdercus* introduisent surtout des bactéries. Certaines, comme *Erwinia aroidae* ou *Bacillus pumilus*, décomposent rapidement le fruit, tandis que d'autres, comme *Aerobacter aerogenes*, ont un développement lent avec la particularité de déclencher des proliférations mésocarpiques. Ces formations néoplasiques ne sont donc pas uniquement liées à une piqure (naturelle ou expérimentale) mais peuvent être aussi bien la réaction tissulaire à la présence d'un micro-organisme (bactérie ou champignon). En effet, preuve est faite qu'une simple piqure à l'aide d'une aiguille stérile de la valve peut provoquer des excroissances internes très loin de la blessure, sur le péricarpe, les parois carpellaires et même l'axe placentaire.

A Bambari, nos observations montrent, contrairement aux faits rapportés par PEARSON, que les piqures de *Dysdercus* introduisent neuf fois sur dix des micro-organismes variés, directement par les stylets ou par souillure de la plaie: parmi ceux-ci, les Endomycétales jouent un rôle très effacé. Si l'appétibilité à l'égard des Hémiptères dépend de l'âge de la capsule, elle change aussi avec la variété et les résultats obtenus ne montrent pas toujours de relation nette entre l'âge de la capsule et l'intensité des dégâts. En fait, les dommages sont en relation avec l'âge des fruits, le nombre de piqures sur les carpelles, la nature et la diversité des germes introduits. Les isolements réalisés au champ à partir de piqures récentes de *Dysdercus* à l'extérieur ou à l'intérieur des valves ont donné les champignons déjà signalés, *X. malvacearum* et de nombreuses autres bactéries. Il en est de même avec les excroissances néoplasiques qui n'ont jamais révélé d'Endomycétales. En revanche, *Ashbya gossypii* a été obtenu deux fois à partir de capsules fraîchement piquées à la suite d'une infestation artificielle sous cage par des *Dysdercus*.

L'existence de différences aussi bien au champ qu'après infestation artificielle entre les variétés testées permet de penser à la possibilité de la sélection de variétés douées d'une appétibilité réduite à l'égard des *Dysdercus*.

4.3. Les pénétrations par voie interne

4.3.1. L'existence d'une flore interne dans les capsules vertes d'apparence saine

En 1959, à Bouaké (Côte d'Ivoire), nous avons découvert que des capsules de quatre à six semaines, d'apparence saine et désinfectées extérieurement, présentaient des développements fongiques ou bactériens à leur surface, lorsqu'elles sont placées en atmosphère stérile à humidité saturée. Les conditions de l'expérimentation sont telles que ces micro-organismes ne peuvent venir que de l'intérieur du fruit clos; il doit donc exister une flore interne, le taux d'infection allant de 30 à 80 %, selon le lieu et le moment de la récolte. Les mêmes observations ont été faites à Bambari et à Stoneville.

4.3.1.1. La flore interne aux Etats-Unis

Une première étude porte sur 120 capsules de la variété Stoneville 7A âgées de cinq à six semaines et cueillies au hasard (CAUQUIL et RANNEY, 1967). La désinfection est faite après ébractage: bain dans l'hypochlorite de sodium à 5% et trempage trois minutes dans une solution de chlorure mercurique à 0,1%, ensuite deux rinçages à l'eau stérile. Les capsules ainsi préparées sont placées isolément dans des bocaux stériles, d'un quart de litre, le pédoncule plongeant dans l'eau, l'air est saturé d'eau et la température de 28 à 30°C. Après deux semaines, 20% des capsules présentent des micro-organismes sur leurs valves, 29% au bout de cinq semaines. Dans la plupart des cas, ces infections débutent soit au sommet du fruit, soit à la base au point d'insertion du pédoncule: diverses espèces fongiques ou bactériennes sont isolées (tabl. 25 et 26).

Une seconde expérience menée sur 100 capsules de la même variété a eu pour but de déterminer la localisation de cette flore interne: cinq fragments de fruit sont prélevés:

- l'extrémité supérieure du fruit sur 3 à 5 mm;
- la région placentaire: prélèvement de 5 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur, fait aseptiquement à l'emporte-pièce dans la base du réceptacle;
- les morceaux de valves renfermant une excroissance néoplasique du mésocarpe à la suite d'une blessure d'insecte (Anthonome, Hémiptère...);
- les graines décomposées ou avortées prises stérilement à l'intérieur des locules;
- les tronçons de pédoncule de 5 à 10 mm de long, sectionnés du dessous de l'insertion des bractées.

Ces explants sont désinfectés extérieurement par un bain de trois minutes dans du chlorure mercurique à 0,1% et rincés deux fois à l'eau stérile. Ils sont ensuite mis sur eau gélosée en boîte de Pétri. Un sixième prélèvement est fait par grattage au niveau de l'aisselle caliculaire et ensemencé directement. Les organismes apparaissant au bout de trois à six jours sont repiqués sur tube de PDA pour isolement et identification. Les espèces ne fructifiant pas sur ce dernier milieu sont transférées sur capsules vertes désinfectées extérieurement et gardées en chambre humide pendant deux à trois mois. Tous les champignons isolés ont ensuite servi à des infections expérimentales sur fruit.

Les conclusions à tirer des résultats exposés dans les deux tableaux 25 et 26 sont les suivantes:

- a. il existe de nombreux micro-organismes présents dans les capsules d'apparence saine; ils sont divers et 28 champignons ont été identifiés;
- b. tous les organismes découverts dans le fruit sain sont déjà signalés comme faisant partie de la flore responsable des pourritures de capsules. A noter que *Colletotrichum gossypii* est très rare tandis que *Xanthomonas malvacearum* n'a pas pu être isolé. Tous ces agents sont capables de provoquer par inoculation des dommages d'importance comparable à ceux obtenus à partir de capsules pourries. Les bactéries sont nombreuses dans tous les isollements effectués (10 à 26% du total). Il y a aussi des Actinomycètes;
- c. parmi les champignons les plus fréquents, on remarque: *Alternaria tenuis* Auct., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp. Cependant, d'autres qui se retrou-

Tableau 25. — Isollements de micro-organismes à l'intérieur de différentes parties du cotonnier.

Nature de l'échantillon	Echantillons infectés %	Champignons		Autres organismes	
		%	Nombre d'espèces différentes	%	Nombre d'espèces différentes
Capsule entière (1)	29	84	23	16	5
Fragments de capsules (2) :					
Apex	65	79	20	21	5
Aisselle du calice	80	78	11	22	4
Base du placenta	21	89	10	11	2
Pédoncule	98	90	16	10	5
Carpelles porteur de néoplasmes ..	90	74	19	26	7
Graines avortées ou pourries ..	100	75	15	25	4
Tiges (2) :					
Avec écorce	100	88	15	12	5
Sans écorce	100	90	11	10	4

(1) 408 capsules de 2 variétés; (2) 100 échantillons au moins de chaque catégorie.

vent dans la capsule sont traditionnellement considérés comme des hôtes de tiges et de racines : il s'agit de *Ascochyta gossypii* Woron, *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Thielaviopsis basicola* (Berk. et Br.) et *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth. Leur localisation et leur présence à la fois dans le fruit et dans le pédoncule suggèrent qu'ils pourraient provenir de la tige. Pour le vérifier, la flore interne des tiges aoutées de cotonnier est obtenue après désinfection de tronçons de 5 à 8 cm de long, selon le même procédé que pour les capsules vertes. Les échantillons sont ensuite plantés dans des Erlenmeyer de 250 ml contenant un fond de sable humide pour maintenir une humi-

dité relative saturée. Les tiges sont mises en incubation soit ainsi, soit décortiquées et désinfectées extérieurement ensuite.

Dans cette étude, les champignons sont identifiés mais pas les Actinomycètes ni les bactéries qui sont seulement isolés.

4.3.1.2. La flore interne en Afrique Centrale

Des observations parallèles ont été menées à Bambari, en Afrique Centrale, elles ont permis de préciser certains points.

Tableau 26. — Liste et fréquence des champignons isolés à partir de différentes parties du cotonnier aux Etats-Unis.

Nature de l'échantillon	Capsule entière	Fragments de capsules						Tige	
Champignons		Apex	Aisselle calice	Base pla- centa	Pédon- cule	Carpelle porteur de cals	Graines avortées ou pourries	Avec écorce	Sans écorce
<i>Alternaria tenuis</i> Auct.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
<i>Ascochyta gossypii</i> Woron	+	—	—	+	++	—	—	+	—
<i>Aspergillus flavus</i> Lk ex Fr	++	+	+	—	+	+++	+	—	—
<i>Aspergillus nidulans</i> (Eidam) Wint	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Aspergillus niger</i> v. Tiegh	+	+	+	—	+	+	—	—	+
<i>Aspergillus</i> sp.	+	+	+	—	—	++	—	—	—
<i>Cercospora gossypina</i> Cke	+	—	—	+	+	—	—	—	—
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze ex Fr	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Choanephora cucurbitarum</i> Berk. et Rav.	+	—	—	—	—	—	+	+	—
<i>Cladosporium herbarum</i> Pers. ex Fr	++	+	—	—	—	—	++	—	—
<i>Cunninghamella elegans</i> Lendner	—	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Curvularia</i> sp.	+	++	—	+	+	—	—	+	—
<i>Diplodia gossypina</i> Cke	+	++	+	+	++	—	+	+	++
<i>Fusarium moniliforme</i> (Sheldon) Sn. et H.	++	+	++	+	+	+	+	+	+
<i>Fusarium oxysporum</i> (Schlecht) Sn. et H.	++	+	+	++	+	—	++	++	++
<i>Fusarium roseum</i> Lk Sn. et H.	+	+	+	—	—	—	+	—	—
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) (Appel et Wr) Sn. et H.	+	+	++	+	+	+	+	++	+
<i>Fusarium</i> sp.	+	+	+	—	—	+	+	+	—
<i>Gliocladium</i> sp.	+	+	—	—	—	—	—	+	+
<i>Glomerella gossypii</i> Edg	+	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Helminthosporium</i> sp.	++	+	—	+	++	—	++	+	—
<i>Macrophomina phaseoli</i> (Maubl.) Ashby	+	—	—	—	+	—	—	—	++
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. et Br.) Petch	+	+	—	—	—	—	+	—	—
<i>Penicillium</i> sp.	+	+	—	—	—	+	—	—	—
<i>Pestalotia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Phoma</i> sp.	+	+	—	+	—	—	+	+	—
<i>Phytophthora</i> sp.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhizoctonia solani</i> Kuehn = (<i>Pellicularia</i> filamentosa (Pat) Rogers)	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehr. ex Fr.) Lind.	+	+	—	—	—	+	—	—	—
<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	+	—	—	—	—	—	—	—	++
<i>Thielaviopsis basicola</i> (Berk. et Br.) Ferr.	+	—	—	—	+	—	—	+++	+
<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex Fr.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trichothecium roseum</i> Lk et Fr.	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke et Berth.	+	—	+	—	+	—	—	—	+++
Nombre d'espèces	23	20	11	10	16	10	15	15	11

La fréquence relative est notée comme suit : — : absent ; + : présent chez moins de 5 % ; ++ : présent chez 6 à 25 % ; +++ : présent chez plus de 25 %.

Les difficultés d'isolement et d'identification de cette flore sont plus grandes qu'aux Etats-Unis, non pas en raison d'une diversité plus étendue des organismes étudiés, mais par suite de la présence de bactéries plus nombreuses et d'un taux d'infection plus élevé. D'autre part, de nombreux mycéliums ne fructifient pas malgré le transfert sur différents milieux de culture. La localisation des organismes à l'intérieur du fruit a été précisée en effectuant les mêmes prélèvements qu'à Stoneville, complétés par deux fragments supplémentaires : morceaux de péricarpe découpés à l'emporte-pièce au milieu des valves, ainsi que des graines d'apparence saine avec la fibre immature qui les entoure. De la même façon, des ensemencements ont été faits à partir de semences et de plants d'âges variés (7 et 15 jours, 2 et 3 mois), afin de déterminer l'importance de la flore interne des graines, des tiges et des racines.

Les techniques de désinfection externe utilisées (tabl. 27) ont pour but d'obtenir une stérilisation telle que la contamination superficielle soit éliminée sans léser les tissus ni amputer l'infection interne. La méthode employée tient compte de la robustesse des organes, de leur épaisseur et des tissus constitutifs. Les rinçages à l'eau stérile sont toujours suivis d'un séchage au papier filtre stérile avant l'ensemencement sur milieu gélosé. Les tableaux 28

et 29 résument les résultats de ce travail dont nous pouvons tirer trois conclusions :

- parmi les espèces isolées on retrouve, ici, les agents connus comme responsables de pourritures de capsule. Les champignons les plus fréquents sont *Aspergillus* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Chaetomium* sp., ou *Glomerella gossypii*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp.;
- les bactéries sont très nombreuses, aussi bien dans le fruit que dans les tiges ou racines. L'agent de la bactériose est souvent reconnu même dans les échantillons prélevés sur des variétés résistantes à la maladie ;
- les taux d'infection obtenus sont dans certains cas très variables pour un même organe d'une analyse à l'autre. Il faut noter que ces échantillons ont été prélevés à des dates différentes, et ceci peut rendre compte de ces fluctuations.

4.3.2. L'origine de l'infection interne capsulaire

L'explication de l'origine de l'infection interne capsulaire découle des points essentiels suivants à retenir des résultats obtenus à Bambari et à Stoneville (tabl. 26, 28, 29) :

Tableau 27. — Techniques de désinfection et d'ensemencement, Bambari, 1967-1969.

Nature de l'échantillon	Désinfection	Ensemencement
Graines non décortiquées	Trempage 10' dans l'acide sulfurique, rinçage, trempage 10' dans alcool 95°, trempage 10' dans chl. mercurique 0,1 %, rinçage.	20 graines entières par boîte de Pétri, eau gélosée.
Graines décortiquées	Décortiquage au scalpel après désinfection externe, séparation des diverses parties : teguments, cotylédons, embryon et nouvelle désinfection : trempage 5' dans 1/3 alcool 70° + 2/3 chl. mercurique 0,1 %, rinçage.	20 graines entières, 20 morceaux de tegument, de cotylédon ou d'embryon par boîte de Pétri, eau gélosée.
Plantules de 7 à 15 jours	Tigelle et radicelle : trempages rapides dans xylol et alcool 70°, rinçage, trempage 3' dans chl. mercurique 0,1 %, deux rinçages. Feuilles cotylédonaires : trempage 2' dans 1/3 alcool 70° + chl. mercurique 0,1 %, deux rinçages.	15 morceaux de 1 cm par boîte de Pétri, eau gélosée. 5 feuilles par boîte de Pétri, eau gélosée.
Tiges et racines aoûtées (2, 3 et 4 mois)	Trempage 5' dans xylol, 5' dans alcool 70°, 10' dans chl. mercurique 0,2 %, 10-15' dans hypochlorite de chaux à 40 g/l, trois rinçages. Décortiquage fait stérilement au scalpel, rinçage.	1 à 2 morceaux de 5 à 8 mm de long par Erlenmeyer contenant du sable humide et stérile.
Capsules entières (25-35 jours)	Trempage 5' dans alcool 70°, 5' dans chl. mercurique 0,2 %, rinçage, trempage 10-15' dans hypochlorite de chaux 40 g/l, trois rinçages.	1 capsule dans un bocal en verre ou un Bécher, le pédoncule trempant dans de l'eau ou planté dans du sable humide.
Parties de capsule	Après désinfection externe de la capsule entière, prélèvement des parties choisies : apex, péricarpe, réceptacle, pédoncule, graine et nouvelle désinfection, trempage 3' dans 1/3 alcool 70° + 2/3 chl. mercurique 0,1 %, deux rinçages.	10 à 15 morceaux par boîte de Pétri, eau gélosée.

* Tous les rinçages sont effectués à l'eau stérile.

- a. des bactéries et des champignons sont isolés à partir de capsules entières d'apparence saine désinfectées extérieurement et de fragments de capsules ;
- b. ces organismes n'ont produit aucun dommage chez les fruits dans lesquels ils ont été reconnus ; certains sont pourtant des agents de pourriture, tandis que d'autres sont des parasites d'autres organes du cotonnier : racines, tiges, feuilles ;
- c. une grande partie de ces agents est non seulement présente dans les capsules, mais encore dans les semences, les plantules ou les plants de cotonnier.

La question qui se pose est de déterminer comment les éléments de cette flore interne ont atteint les capsules ? Si l'on peut expliquer la présence dans les carpelles de certains organismes par les pénétrations pariétales ou par les piqûres d'Hémiptères, il est évident, d'après les observations exposées précédemment, qu'une partie d'entre eux utilisent la voie pédonculaire et cheminent par la voie interne du lieu de pénétration dans le cotonnier vers l'intérieur du fruit.

L'entrée dans les tissus de la plante peut avoir lieu à différentes époques. Certains organismes sont présents dès la graine de semence mère pour se retrouver à la génération suivante dans les graines filles encore enfermées dans la capsule immature. Dans ce cas se trouvent : *Aspergillus* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Chaetomium* sp., *Colletotrichum gossypii*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Xanthomonas*

malvacearum. D'autres organismes ou les précédents pénètrent dans le cotonnier par l'intermédiaire d'autres organes que le fruit ; dans les feuilles en provoquant des macules : *Alternaria macrospora* ou *A. tenuis*, *Ascochyta gossypii*, *Cercospora gossypina*, *Helminthosporium* sp., *Xanthomonas malvacearum* ; dans les tiges, les rameaux, les pétioles, les pédoncules en créant des chancres plus ou moins profonds : *Ascochyta gossypii*, *Colletotrichum gossypii*, *C. indicum*, *X. malvacearum* ; au niveau du collet ou dans les racines par l'intermédiaire de nécroses ou blessures : *Colletotrichum gossypii*, *Macrophoma phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Thielaviopsis basicola*, *Verticillium albo-atrum*.

Le cheminement emprunté depuis le point d'entrée dans les tissus de la plante vers la capsule peut être double : sous l'écorce ou dans le cylindre central à travers le système vasculaire.

Deux expériences confirment l'importance des cheminements sous-corticaux. Une inoculation « in vitro » est faite à Stoneville avec *Alternaria tenuis* sur des capsules vertes coupées en conservant un pédoncule de 5 à 7 cm de long. Un inoculat est déposé à travers l'écorce du pédicelle sur le cylindre central au moyen d'une aiguille lancéolée : la plaie est ensuite recouverte d'un tampon humide de coton. Les capsules ainsi infectées sont placées sous humidité saturée d'eau ; au bout d'une semaine, 10 % des fruits présentent une pourriture interne où l'on retrouve le champignon associé à d'autres éléments. Ce test signifie que le mycélium d'*Alternaria tenuis* peut gagner la capsule le long du pédoncule capsulaire.

Tableau 28. — Liste des micro-organismes isolés à Bambari à partir de différentes parties du cotonnier.

Organismes isolés	Capsules entières	Apex	Péricarpe	Réceptacle	Graines dans loge	Pédoncule	Graines de semences	Tiges	Racines
<i>Ascochyta gossypii</i>	+	—	+	—	—	—	+	+	—
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	—	—	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus flavus</i>	+	+	—	—	+	—	+	+	+
<i>Aspergillus nidulans</i> , A. sp.	+	+	—	—	+	+	+	+	+
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetomium globosum</i> , C. olivaceum	+	—	—	+	+	+	+	+	+
<i>Cladosporium</i> sp.	+	+	—	—	—	—	+	—	—
<i>Colletotrichum gossypii</i> (<i>Glomerella gossypii</i>), C. indicum	+	+	+	+	+	+	+	+	—
<i>Curvularia</i> sp.	+	+	—	—	—	+	—	+	+
<i>Fusarium moniliforme</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fusarium</i> sp.	+	+	+	—	+	+	+	+	+
<i>Helminthosporium</i> sp.	+	+	+	—	—	—	+	—	—
<i>Nigrospora oryzae</i>	+	+	+	—	—	—	—	+	—
<i>Penicillium</i> sp.	+	+	—	—	+	—	+	+	+
<i>Pestalotia</i> sp.	+	—	—	—	—	+	—	+	+
<i>Phoma</i> sp., <i>Phomopsis</i> sp.	+	—	—	+	—	+	—	+	+
<i>Rhizoctonia solani</i> , R. bataticola	+	—	—	—	—	+	—	+	+
<i>Rhizopus nigricans</i>	+	+	+	—	—	+	+	—	—
Fungi indéterminés	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Xanthomonas malvacearum</i>	+	+	—	+	+	—	+	+	—
Autres bactéries	+	+	—	—	+	+	+	+	+

Tableau 29. — Importance de l'infection interne de différentes parties du cotonnier.

Organes étudiés	Taille de l'échantillon*	Nombre d'échantillons	Infection interne ²⁴	
			Champignons	Bactéries
Capsules entières au champ	100	4	58 à 87	100
Capsules entières sous cage	100	4	21 à 45	100
Parties de capsule :				
apex	100	4	35 à 54	5 à 24
péricarpe	100	4	2 à 15	0 à 15
réceptacle	100	4	0 à 28	0 à 8
graine et fibre	100	4	21 à 39	3 à 12
pédoncule	100	4	45 à 58	15 à 22
Semences non décortiquées	200	5	4 à 21	15 à 35
Semences décortiquées :				
tégument	200	3	2 à 7	0
cotylédon	200	3	4 à 11	5 à 25
embryon	200	3	0 à 6	2 à 15
Plantules de 7 jours sur sable :				
tigelle	100	2	3 et 5	1 et 2
radicelle	100	2	15 et 22	12 et 26
feuilles cotylédonaire	100	2	0 et 3	5 et 10
Plantules de 15 jours au champ :				
tigelle	100	2	5 et 7	18 et 5
radicelle	100	2	20 et 22	22 et 8
feuille	100	2	2 et 41	0 et 12
Plant de 2 mois au champ :				
tige décortiquée	100	2	74 et 88	15 et 5
racine décortiquée	100	2	58 et 75	9 et 36
Plant de 2 mois sous cage :				
tige décortiquée	100	1	63	10
racine décortiquée	100	1	55	5
Plant de 3 mois au champ :				
tige décortiquée	100	1	100	100
racine décortiquée	100	1	100	100

* L'échantillon comprend dans tous les cas deux variétés : D9 et Réba B 50 et quelquefois une troisième : BJA 592.

A Moundou, dans le sud du Tchad, nous avons observé en 1971 de nombreux cas de momifications (10 à 15 %) dans certains champs. Les momies de 30 mm de diamètre environ sont situées dans tous les cas auprès d'un chancre placé sur le rameau fructifère en amont de l'insertion du pédoncule. Une série de prélèvements sur 20 cotonniers présentant de tels symptômes permet de déterminer la flore interne à quatre niveaux : le réceptacle de la capsule momifiée, le pédoncule, le rameau fructifère à l'emplacement du chancre et 10 à 15 cm en amont de la lésion ; dans ce dernier cas, les échantillons sont débarrassés de l'écorce. Ces prélèvements ensemencés sur eau gélosée après désinfection externe selon les techniques décrites plus haut se révèlent porteurs de divers organismes parmi lesquels nous retenons les plus typiques : *Botryodiplodia theobromae*, *Chaetomium* sp., *Colletotrichum gossypii*, *C. indicum*, *Fusarium* sp. Les prélèvements effectués dans le réceptacle, le pédoncule et le rameau au niveau du chancre sont tous infectés et renferment tous ces champignons, les plus fréquents étant *B. theobromae* et *C. indicum*. La quatrième série concernant les rameaux sans cortex en amont de la lésion ne comprend que 8 échantillons infectés sur 20 et l'on ne retrouve plus que *B. theobromae*, *Chaeto-*

mium sp. et *Fusarium* sp. Cette observation permet de supposer que les autres organismes, *Colletotrichum gossypii* et *C. indicum*, ont pénétré dans le fruit par l'intermédiaire du chancre et sont remontés sous l'écorce de la branche fructifère, atteignant le pédoncule et la capsule.

Les analyses de la flore interne citées dans les tableaux 26, 28 et 29, confirment l'existence d'agents de pourriture à l'intérieur du cylindre central dans la tige dont l'écorce a été enlevée. A Stoneville, il s'agit de : *Alternaria tenuis*, *Diplodia gossypina*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum*, *Gliocladium* sp., *Macrophomina phaseoli*, *Sclerotium rolfsii*, *Thielaviopsis basicola* et *Verticillium albo-atrum*. A Bambari, la presque totalité des espèces isolées dans les capsules pourries se retrouvent dans les tiges écorcées ; les plus fréquentes sont *Aspergillus* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Chaetomium* sp., *Colletotrichum gossypii* et sa forme parfaite *Glomerella gossypii*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Phoma* sp., *Phomopsis* sp., *Xanthomonas malvacearum* et des bactéries banales. Si certains de ces organismes ont pénétré dans le bois par suite de lésions, une autre partie peut être considérée comme faisant partie de la flore habituelle des vaisseaux libéro-ligneux.

4.3.3. Discussion

L'infection interne des capsules avant leur déhiscence a été signalée pour la première fois en 1960 par CAUQUIL en Côte d'Ivoire, puis confirmée par les travaux décrits plus haut aux Etats-Unis et en Centrafrique. Depuis, WILES (1963) a constaté que les graines sont infectées avant l'ouverture des valves. De son côté, RONCABORT (1967, 1970) publie des résultats absolument concordants avec les nôtres sur la flore interne des capsules en Géorgie : 31 % des fruits abritent des genres fongiques et bactériens, les plus fréquents étant *Alternaria*, *Cephalosporiopsis*, *Fusarium*, *Colletotrichum* et *Verticillium*. Les portes d'entrées seraient, selon lui, l'apex et le pédoncule, sans qu'il soit précisé dans quelles conditions ; l'invasion commençant tôt dans la saison sur les premières capsules et se faisant selon un processus continu. Certains, comme MARSH et coll. (1949, 1961), PINCKARD (1964), considèrent, en revanche, que la présence d'organismes dans la capsule verte est uniquement la conséquence de blessures ou d'un déclenchement prématuré de la déhiscence. Pour LUKE et PINCKARD (1970), l'entrée des agents de pourriture de capsules est en Louisiane essentiellement acquise par l'intermédiaire des bractées : celles-ci, sujettes à décomposition précoce, permettent aux micro-organismes de pénétrer dans le fruit par contact direct ou par un autre moyen mal précisé. A Bambari, une telle situation n'a cependant jamais été observée, même en année humide.

Le cheminement sous-cortical ou sous-épidermique de certains organismes générateurs de chancres plus ou moins profonds n'est pas cité dans la littérature. Cependant, PINCKARD (1964) signale en Louisiane l'invasion, à partir du sol, des tiges et des capsules par reptation externe du mycélium de *Pellicularia filamentosa*, forme à basides de *Rhizoctonia solani*.

L'éventualité d'une progression par l'intermédiaire des vaisseaux n'est envisagée que par de rares auteurs. La possibilité pour *Xanthomonas malvacearum* d'infecter le cotonnier par le réseau vasculaire est reconnue par WICKENS (1956), SCHMITZ (1962), JAKKANWAR et BHAGWAT (1971). Des isollements nombreux, à Bambari, nous ont montré que l'agent de la bactériose se retrouve souvent dans les diverses parties du cotonnier (tige, feuille, fruit) même lorsqu'il s'agit de variétés résistantes à la maladie. RUDOLPH et HARRISON (1945) notent la présence de *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum* et *F. scirpi* à différents niveaux de la plante, dans le xylème de la tige, dans le placenta capsulaire et à l'intérieur des graines avant l'ouverture des capsules.

Quel est le statut parasitaire des organismes responsables de l'infection interne capsulaire ? Peut-on parler dans le cas du cotonnier d'un « état de latence » comme pour d'autres plantes tropicales ? CHEVAUGEON (1957), à la suite d'observations sur le manioc, définit l'état de latence comme la possibilité pour un champignon (capable d'une action parasitaire) de demeurer quiescent sans jamais manifester sa présence dans des conditions convenables pour l'hôte. Cette définition paraît convenir à certains éléments de la flore interne : *Chaetomium olivaceum*,

Colletotrichum gossypii, essentiellement sous sa forme parfaite *Glomerella gossypii*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. roseum*, *Phoma* sp., *Phomopsis* sp. En revanche, un deuxième groupe est constitué par des organismes qui sont en réalité des parasites en cours d'incubation qui ont pénétré dans les tissus du cotonnier en des endroits divers, le plus souvent par l'intermédiaire d'une lésion dont ils sont l'agent essentiel (nécrose, chancre, macule). Il s'agit par exemple de : *Alternaria* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Colletotrichum* sp., *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Verticillium albo-atrum*, *Xanthomonas malvacearum*, qui parasitent le cotonnier à divers stades et vont s'extérioriser dans la capsule lorsque les conditions du milieu leur seront favorables. L'on peut parler à leur sujet de « potentiel d'infection capsulaire » qui dépend de l'infection interne des capsules à un moment donné mais qui ne préjuge en rien des véritables dégâts de pourriture observés par la suite, ces derniers étant essentiellement liés aux conditions du milieu. Ce « potentiel d'infection capsulaire », qui est la somme des différentes pénétrations, est une caractéristique variétale en un lieu donné et son estimation est un moyen de connaître le comportement d'une lignée par rapport à une autre : il peut être exprimé par les analyses en vert.

Les conditions de passage de l'état de quiescence à l'état d'activité ont été étudiées par CHEVAUGEON, avec *Colletotrichum gloeosporioides* Penz f. *manihotis* Cheva., qui provoque des manifestations d'anthracnose de feuilles sur des plants de manioc mis à l'obscurité, ou à une température de 38 °C en atmosphère très humide ; de la même façon, les symptômes apparaissent lorsque le pH du sol est changé d'une unité en plus ou en moins du pH normal (4,5). LEAKEY et PERRY (1966) publient des résultats similaires en Uganda où *Colletotrichum gossypii* sort de son état de quiescence dans la capsule du cotonnier sous l'influence d'une atmosphère saturée d'humidité ou à la suite de dégâts mécaniques sur le fruit (piqûres d'insectes). Au cours de divers essais « in vitro », nous avons cependant constaté que les capsules immatures, blessées et mises en milieu stérile saturé d'humidité, ne pourrissent pas plus que les capsules intactes.

4.4. Conclusions

L'étude des mécanismes de l'infection capsulaire permet de souligner quelques éléments importants.

Les portes d'entrée des agents de pourriture dans la capsule sont nombreuses et elles ne sont pas exclusives : la plupart des micro-organismes intéressés peuvent, selon les circonstances, utiliser l'une ou l'autre de ces voies d'accès (fig. 13). C'est ainsi que les pathogènes capables théoriquement de traverser les tissus carpellaires vivants, entrent le plus souvent de la même façon que les autres parasites. La plupart des pénétrations pariétales sont dues à l'eau de pluie ou de rosée et concernent la quasi-totalité des agents reconnus. La présence d'insectes piqueurs, malgré leur incidence certaine sur l'importance des dégâts, ne change que très peu le carac-

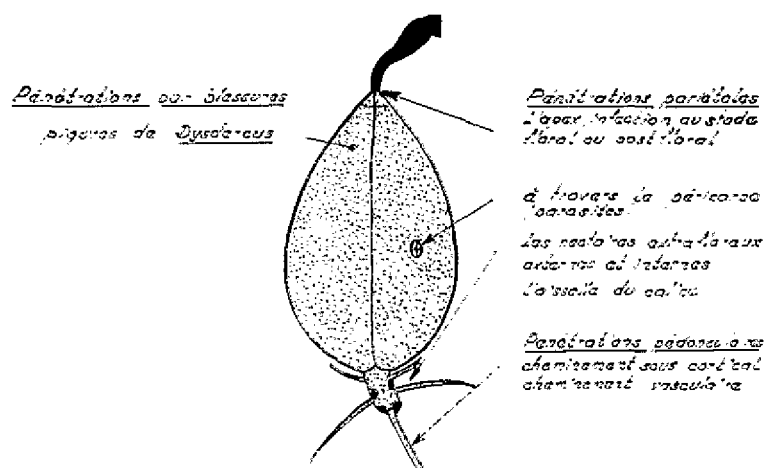


Fig. 13. — Les moyens de pénétration des agents de pourriture dans la capsule.

lère général des pourritures. La piqûre est un moyen d'entrer parmi les autres, utilisé par la plupart des micro-organismes avec cependant une nette tendance à favoriser les bactéries. Soulignons à ce sujet l'impact pratiquement nul des champignons Endomycétales tributaires exclusifs des Hémiptères pour leur inoculation dans les carpelles. Les pénétrations dans la capsule par l'intermédiaire du pédoncule intéressent des germes bien connus, dont la majorité sont

des parasites d'autres parties du cotonnier : racines, tiges ou feuilles.

Des différences entre variétés apparaissent aussi bien au champ que dans les expériences d'infection artificielle. Elles existent quant aux voies de pénétrations employées par les agents de pourriture et quant à la fréquence d'utilisation de ces moyens d'accès par les divers micro-organismes.

Chapitre V : LES SIÈGES DE LA RÉSISTANCE DES CAPSULES AUX POURRITURES

Nous avons montré au chapitre précédent que les agents de pourritures pénètrent et progressent dans la capsule de trois façons : directement à travers les parois, par l'intermédiaire de blessures, à travers le pédoncule. Mais les micro-organismes qui empruntent ces voies parviennent-ils toujours à endommager le fruit ? Si la réponse à cette question est négative, on doit se demander quels éléments de la capsule s'opposent à leur pénétration et à leur progression. Tel est l'objet de ce chapitre.

5.1. Les deux niveaux de résistance capsulaire

A priori, il est permis de penser que la résistance capsulaire à l'infection par les agents de pourriture se situe à deux niveaux principaux :

a) Une résistance externe, liée essentiellement à l'enveloppe péricarpique qui empêche la pénétration des micro-organismes dans les carpelles ;

b) Une résistance interne, dépendant du milieu interne capsulaire : loges et cloisons intercarpel-

lares, qui freine le développement des agents de pourriture à l'intérieur des valves.

L'expérience décrite ici sur le comportement des capsules de six variétés différentes à l'égard de la bactériose (*Xanthomonas malvacearum*) met en évidence ces deux formes de la résistance capsulaire (CAUQUIL et MILDNER, 1965). Durant deux années successives, quatre séries d'inoculations artificielles par l'agent de la bactériose sont faites sur des lots de 100 capsules âgées de trois semaines. Ces infections sont réalisées au champ sur des cotonniers présentant une gamme variée de résistance à la bactériose, sensibles (D 9, E 40), tolérantes (Allen 151, Allen 333) et résistantes (Reba B 50, Reba BTK 12). Deux modes d'inoculation sont utilisés. Dans le premier cas, il s'agit de blessures superficielles de l'épiderme et du parenchyme péricarpique à l'aide d'une brosse à poils durs en nylon, trempée dans une suspension de bactéries dans l'eau stérile et passée deux fois perpendiculairement à l'axe longitudinal de la capsule. Les fruits sont ensuite protégés des contaminations externes par des sachets en cellophane fermés autour du pédoncule. Une échelle de cotation

simple permet de déterminer 20 jours plus tard les dégâts imputables à la bactériose.

Les symptômes externes sont notés de 0 à 3 selon l'importance des lésions sur le péricarpe :

- 0 pas de réaction ;
- 1 stries noires non coalescentes ;
- 2 lésions coalescentes ne recouvrant pas la totalité de la valve infectée ;
- 3 lésions s'étendant sur toute la valve inoculée.

Les symptômes internes sont évalués de 0 à 3 selon le degré de décomposition des loges :

- 0 loge saine ;
- 1 loge peu atteinte ;
- 2 loge moyennement attaquée ;
- 3 loge totalement détruite.

L'inoculation du second type est profonde : l'inoculum est introduit dans la capsule au moyen d'une piqûre au milieu de la valve. Une aiguille emmanchée de 5 mm de longueur, est frottée sur un cultivat de *X. malvacearum* et enfoncée à travers la paroi carpellaire pour atteindre la partie bombée de la loge à l'intérieur de la locule. Après l'infection, la plaie est obturée à l'aide d'un pinceau plongé dans la paraffine en surfusion. La cotation des dégâts se fait en deux temps, comme dans le cas de l'infection par brossage. La réaction externe à la piqûre tient compte des symptômes péricarpiques :

- 0 pas de réaction ;
- 1 lésion inférieure à 1,5 mm de diamètre ;
- 2 lésion de 1,5 à 4 mm de diamètre ;
- 3 lésion de plus de 4 mm de diamètre.

Les symptômes internes utilisent la même échelle de cotation que dans l'inoculation par brossage.

La comparaison des résultats des deux séries d'infection (tabl. 30) montre que les variétés de cotonnier inoculées ne sont pas classées dans le même ordre dans les deux cas.

L'infection capsulaire par brossage, qui est de nature superficielle et péricarpique, donne le même classement de résistance des variétés que celui obtenu à la suite d'une infection foliaire. C'est le cas de Reba B 50 et Reba BTK 12 qui, possédant

deux gènes majeurs de résistance, sont en tête du classement, tandis que E 40 et D 9, qui sont sensibles, ont les grades les plus élevés. Les variétés Allen 333 et Allen 151, qui sont tolérantes, se situent dans les grades intermédiaires.

En revanche, dans le cas de l'inoculation profonde par piqûre, l'échelle des valeurs est perturbée : Reba BTK 12, par exemple, a le même grade que D 9, tandis que Reba B 50, Allen 151 et Allen 333 ont le meilleur comportement.

Cette expérience fait donc bien apparaître deux niveaux de résistance capsulaire à l'égard de la pourriture due à *X. malvacearum*. Le premier niveau est externe et a son siège dans l'enveloppe carpellaire, il est contrôlé par les gènes de résistance à la bactériose : deux gènes majeurs confèrent la résistance, un seul la tolérance, pas de gène majeur la sensibilité, comme lorsqu'il s'agit d'inoculations foliaires. Le second niveau est interne ; il intervient lorsque l'agent de pourriture est introduit par effraction à travers le péricarpe pour être mis en contact direct avec les loges. La réaction du milieu interne capsulaire n'a aucune relation avec le comportement de la variété considérée à l'égard de la bactériose dans les conditions naturelles.

Retrouve-t-on les deux mêmes niveaux de résistance vis-à-vis des autres micro-organismes susceptibles de produire des pourritures de capsule ?

5.2. La résistance de la paroi péricarpique

Nous avons vu, au chapitre précédent, le niveau externe de résistance de la capsule à la pénétration des micro-organismes se manifester de deux façons. La première est passive et dépend de l'étanchéité des carpelles qui rend plus ou moins difficile l'introduction des germes dans le milieu capsulaire interne. La seconde est active, elle évite ou retarde l'entrée des agents de pourriture à travers le péricarpe (parasites, piqûres de *Dysdercus*).

Les variations importantes que subissent les caractéristiques des capsules selon les conditions dans lesquelles elles sont obtenues rendent nécessaires certaines précautions. Les échantillons comparés

Tableau 30. — Effets des inoculations superficielles et profondes avec *Xanthomonas malvacearum*, sur six variétés de cotonnier (indices d'infection définis dans le texte).

		Grade	Inoculation par brossage			Inoculation par piqure		
			Symptôme externe	Symptôme interne	Total	Symptôme externe	Symptôme interne	Total
Variétés								
Allen 151	Tolérant	.....	1,8	0,2	2,0	1,6	1,0	2,6
Allen 333	Tolérant	.....	1,8	0,1	1,9	1,7	1,2	2,9
D 9	Sensible	.....	2,0	0,3	2,3	1,7	1,3	3,0
E 40	Sensible	.....	2,0	0,5	2,5	2,1	1,5	3,6
Reba B 50	Résistant	.....	1,5	0,1	1,6	1,3	0,9	2,2
Reba BTK 12	Résistant	.....	1,6	0,1	1,7	1,7	1,3	3,0

doivent être constitués de fruits récoltés sur des cotonniers cultivés dans des conditions comparables, de préférence sur la même parcelle; ils doivent, en outre, être ramassés en même temps. La technique d'inoculation péricarpique est la suivante: les fruits dont le pédoncule est sectionné au ciseau, sont débarrassés de leurs bractées et désinfectés pendant cinq minutes dans un bain de chlorure mercurique à 0,2 %. Après deux rinçages à l'eau et un séchage soigneux, l'infection est assurée par une immersion totale en les tenant par le pédoncule, dans une suspension composée de divers éléments:

- 1 litre d'eau stérile;
- 5 g de gélose en poudre;
- 5 g d'amidon;

le contenu de cinq à six tubes de culture de l'agent pathogène sur PDA (colonies âgées de trois semaines environ).

L'ensemble est rendu homogène par un passage de quelques minutes au mixer. Grâce à la texture gluante du mélange, les spores ou fragments de mycélium se collent à la surface des capsules inoculées. Les capsules ainsi traitées sont placées pendant une dizaine de jours dans des bacs à humidité saturée d'eau par séries de 150 à 200 (fig. 17). Au moment de l'analyse, les fruits sont examinés extérieurement et intérieurement et quatre critères sont notés: taux de capsules nécrosées sur le péricarpe et dans les carpelles, taux de loges pourries et degré de décomposition des loges (de 0 à 3).

Le comportement externe de la capsule vis-à-vis des agents de pourriture dépend essentiellement de son degré de maturité et change d'une variété à l'autre.

5.2.1. L'évolution en fonction du degré de maturité de la capsule

Dans une parcelle de cotonnier BJA 592, un millier de fleurs sont marquées pendant six semaines successives (de la deuxième à la sixième semaine de floraison). Au 120^e jour après les semis, tous les fruits étiquetés sont récoltés et inoculés selon la technique décrite. Six lots de capsules, âgées de 10 à 45 jours, sont ainsi infectés avec trois agents de pourriture choisis parmi les plus fréquents: *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae* et *Colletotrichum gossyi*.

pii, à raison de 100 à 150 capsules inoculées pour chaque organisme. Les résultats observés au bout de 10 jours sont présentés dans le tableau 31.

Les capsules inoculées très jeunes (moins de 10 jours) sont très vulnérables aux agents de pourriture (78 % de loges pourries); par la suite, leur résistance s'améliore pour atteindre un maximum vers le 24^e jour (10 % de loges atteintes). Au-delà de cet âge, les pénétrations augmentent d'intensité en même temps que les dégâts internes. L'examen microscopique du péricarpe sur des coupes minces faites au rasoir après ramollissement au lactophénol pur, à chaud, permet d'expliquer les changements dans la résistance externe capsulaire. Dans l'ovaire de 10 jours, les tissus de l'enveloppe carpellaire sont aqueux et mous. L'assise interne commence à se lignifier vers la deuxième semaine et prend une texture dure vers la troisième semaine. À partir de ce stade, les lignes de déhiscence se dessinent, et des méats de plus en plus importants se forment au fur et à mesure que le fruit évolue. Dès la quatrième semaine, l'assise interne est dure et parfaitement lignifiée, donc difficile à traverser par les parasites, mais, en revanche, les quatre bandes de déhiscence sont très vulnérables. En outre, à ce moment-là, les glandes à résine et les stomates sèchent ou éclatent selon l'humidité ambiante et constituent autant de voies d'entrée à travers le péricarpe. Ces constatations anatomiques se traduisent dans le test envisagé par le fait que les très jeunes capsules ont une résistance péricarpique très faible, que cette résistance s'accroît pour atteindre son maximum entre la troisième et la quatrième semaine pour, ensuite, diminuer régulièrement jusqu'à la déhiscence loculicide des valves.

Les variations les plus grandes de la résistance externe se produisent au début de la vie du fruit (10 à 17 jours) ou à la fin (31 à 45 jours). Pour des raisons de facilité d'inoculation et de lecture des résultats, nous opérons, en général, sur des capsules de cinq à six semaines.

5.2.2. L'évaluation de la résistance de différentes variétés

Les variétés à comparer sont ensemencées dans un même champ selon un schéma simple (blocs Fisher

Tableau 31. — Evolution en fonction du degré de maturité de la capsule (variété BJA 592).

Âge des capsules (jours)	% capsules avec symptômes externes	% capsules avec symptômes internes	% loges pourries	Degré moyen d'attaque des loges
10	79	80	78	2,21
17	16	33	13	0,25
24	15	25	10	0,20
31	32	33	14	0,32
38	66	60	38	0,67
45	90	86	68	1,39

PLANCHE IV



A



B

Fig. 14. — Tests des deux niveaux de résistance capsulaire.

A - Résistance externe par trempage dans une suspension infectante.
B - Résistance interne par piqûre.

Tableau 32. — *Résistance externe comparée (moyennes de 3 organismes).*

Variétés	% capsules avec symptômes externes	Nombre moyen de valves avec symptômes externes	% capsules avec symptômes internes	Nombre moyen de loges pourries
Allen 333	58	1,51	67	1,49
BJA 592	39	0,90	54	1,17
D 9	56	1,62	62	1,74
E 40	61	1,54	66	1,60
HG 9	67	1,87	67	1,61
Reba B 50	40	0,99	55	1,22
Reba BTK 12	47	1,00	53	1,12
Glandless	37	0,83	39	1,02
d.s. à 0,05	6	0,30	7	0,23

ou Carré Latin) sur des parcelles élémentaires de trois à douze lignes, avec six à dix répétitions. Les plants reçoivent des soins culturaux identiques (sarclage, engrais, applications insecticides) et une partie des ovaïres obtenus pendant les semaines de floraison les plus productives (troisième à sixième) sont étiquetés et datés. Afin d'avoir des fruits en parfait état au moment de l'inoculation, deux applications insecticides sont assurées chaque semaine durant la période de capsulaison.

Huit variétés sont étudiées : Allen 333, BJA 592, D 9, E 40, HG 9, Reba B 50, Reba BTK 12, plus une lignée glandless voisine de l'Allen 333 et sélectionnée au Tchad, dépourvue de glande à possypol, comme son nom l'indique. Les tests sont effectués sur des séries de 150 à 200 capsules de cinq semaines environ pour chaque variété. Trois agents de pourriture sont employés : *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae* et *Colletotrichum gossypii*, et les inoculations des huit variétés par un organisme donné sont faites en même temps avec trois répétitions successives. La lecture des résultats a lieu dix jours plus tard pour *A. niger* et *C. gossypii*; pour *B. theobromae*, dont les dégâts progressent plus rapidement et deviennent plus difficiles à apprécier, le délai est réduit à 8 jours.

Le tableau 32, exposant la moyenne obtenue pour les trois micro-organismes utilisés, permet d'observer que les variétés résistantes à la bactériose, BJA 592, Reba B 50 et Reba BTK 12, possèdent une résistance péricarpique bien supérieure à celle des autres variétés sensibles ou tolérantes. Cette observation se vérifie sur les symptômes externes de pourriture, mais aussi sur l'importance des dégâts à l'intérieur des loges et présente des différences significatives au seuil de probabilité de 0,05. Il apparaît, par conséquent, que le caractère de résistance à *Xanthomonas malvacearum* confère aux variétés qui le possèdent un meilleur comportement devant les pénétrations de champignons agents de pourriture capsulaire. D'une façon semblable, l'absence de glandes à résine sur la paroi carpellaire améliore la résistance externe, ce qui peut s'expliquer lorsqu'on connaît le rôle des glandes à gossypol

comme voie d'entrée des micro-organismes à travers le péricarpe (chapitre IV). Ces deux fils directeurs pour améliorer la résistance péricarpique seront examinés dans le chapitre suivant.

5.2.3. La résistance en fonction des caractères anatomiques du péricarpe

Dans les variétés étudiées, il n'apparaît pas de relation entre la structure anatomique de l'enveloppe carpellaire et la résistance externe aux micro-organismes agents de pourritures de capsule. Sur des fruits âgés de cinq semaines environ, des prélèvements sont faits, sur chaque valve, à l'aide d'un emporte-pièce de 10 mm de diamètre, dans la partie médiane comprise entre la suture carpellaire et l'insertion de la cloison interloculaire. Les échantillons pris sur une centaine de capsules (100 disques) de différentes variétés ne laissent apparaître aucun élément de comparaison entre les caractères étudiés et la résistance externe : poids vert, épaisseur calculée par le volume déplacé après immersion dans l'eau, poids sec, teneur en eau... (tabl. 33).

Tableau 33. — *Poids secs du péricarpe et de la cloison intercarpellaire de capsules âgées de 35 jours.*

Variétés	Péricarpe (mg)	Septae (mg)
Allen 333	1 523	421
BJA 592	1 365	476
D 9	1 367	472
E 40	1 448	392
HG 9	1 361	492
Reba B 50	1 564	576
Reba BTK 12	1 327	466

Une série d'expériences utilisant des applications d'acide gibberellique permet de supposer qu'il existe

cependant une liaison entre les caractéristiques anatomiques de l'enveloppe carpellaire et la résistance externe capsulaire. Dans un premier temps, à Bouaké en 1959, de l'acide gibbéréllique est utilisé en mélange avec de la lanoline à la dose de 100 ppm et appliqué sur des ovaires le lendemain de la fécondation. L'opérateur enlève la corolle fanée, ébracte le jeune fruit et dépose à l'apex une goutte du mélange. La capsule traitée est ensuite protégée par un sac de cellophane serré autour du pédoncule. Les ovaires témoins sont traités de la même façon avec de la lanoline pure. Cette unique application diminue la chute des organes et change les caractéristiques de la capsule en augmentant sensiblement le poids vert des valves.

Comme en font état les résultats du tableau 34, après décorticage des capsules vers l'âge de 35-40 jours, le poids des loges varie peu mais celui de l'enveloppe carpellaire est amélioré de 10 % environ à la suite du traitement. Un prélèvement de disques fait à l'emporte-pièce de 8 mm de diamètre sur les parois, selon la technique déjà décrite, fait apparaître une amélioration de la densité et de l'épaisseur du péricarpe. Elle se concrétise par une augmentation du poids vert et du poids sec des disques prélevés sur les capsules traitées. Deux séries d'applications d'acide gibbéréllique sont expérimentées sur les variétés Mono (*G. barbadense*) et Allen 333 (*G. hirsutum*).

L'examen microscopique du matériel frais montre

un grandissement des cellules du mésocarpe, sans qu'il y ait accroissement du nombre des assises cellulaires.

A Bambari, dans un second temps, l'acide gibbéréllique est pulvérisé au champ en solution aqueuse sur trois variétés BJA 592, D 9 et Reba B 50, durant trois années successives (tabl. 35). La dose employée est de 30 à 50 ppm, à raison de trois à six applications de 200 litres de liquide à l'hectare au moment de la floraison. Dans les parcelles traitées à l'acide gibbéréllique, les quotients de pourriture sont significativement inférieurs à ceux des parcelles témoins. Ces résultats sont confirmés à Stoneville par RANNEY et coll. in FINCKARD (1968).

Il ressort de ces expériences que, d'une part, l'acide gibbéréllique modifie le poids des enveloppes carpellaires et augmente l'épaisseur du péricarpe par grandissement des cellules du mésocarpe; d'autre part, il diminue de façon significative l'incidence des pourritures capsulaires. Il est tentant d'expliquer cette amélioration de l'état sanitaire des capsules par une augmentation de la résistance péricarpique puisque la seule action visible du traitement à l'acide gibbéréllique est un changement dans la nature des parois des valves; en effet, aucune différence n'est observée, par ailleurs, dans la durée du cycle de maturation ou dans le nombre de fruits arrivés à maturité.

Tableau 34. — Action de l'acide gibbéréllique (100 ppm) sur les caractéristiques de la capsule (poids pour 100 fruits et 400 disques).

Variétés	Poids verts totaux (g)		Total	Poids de 400 disques (g)	
	Valves	Loges		Poids vert	Poids sec
<i>Mono</i>					
Témoin	46,20	48,75	94,95	3,32	0,392
Traité	53,10	50,25	103,35	4,00	0,432
<i>Allen 333</i>					
Témoin	78,10	117,05	195,15	3,15	0,371
Traité	82,20	107,15	189,35	4,00	0,408

Tableau 35. — Action de l'application d'acide gibbéréllique au champ, sur le quotient de pourriture.

Quotients de pourriture	1962 3 applications	1963 6 applications	1969 6 applications
Témoin	26	43	21
Traité	18	37	18
Seuil de probabilité	0,01	0,05	0,05

5.3. La résistance interne

La progression de l'agent de pourriture à l'intérieur de la capsule s'effectue en deux étapes : tout d'abord détérioration du contenu de la valve constitué par les graines et les soies en cours de croissance et ensuite passage d'une locule à l'autre à travers les cloisons intercarpellaires. L'on peut donc considérer qu'il existe deux facteurs de résistance interne :

a) le milieu loculaire, dont la composition conditionne le comportement de la loge vis-à-vis de l'agent introduit dans la carpelle ;

b) les septae, qui représentent un obstacle au cheminement des micro-organismes d'une valve à l'autre. Morphologiquement, les cloisons séparant deux carpelles successifs sont constitués par l'assise interne péricarpique ou endocarpe et leur comportement devant la progression des micro-organismes paraît lié à leur texture.

L'évaluation de la résistance interne est faite au champ par piqûre des capsules selon la technique déjà exposée qui consiste à introduire dans une seule loge, au moyen d'une aiguille, une faible quantité de mycélium ou de spores de l'organisme choisi pour l'inoculation (fig. 14). Selon l'agent de pourriture employé, les observations ont lieu 5 à 12 jours après.

Deux critères sont utilisés pour mesurer les deux formes de résistance interne au cours des tests d'inoculation :

a) Le coefficient d'attaque loculaire (C.A.L.) qui s'obtient en divisant la somme des grades moyens d'attaque des loges atteintes par le nombre de loges pourries. Cette cotation reflète le comportement des loges infectées.

b) Le coefficient d'attaque interloculaire (C.A.I.L.) qui est constitué par le quotient du nombre de loges pourries par le nombre de capsules inoculées. Ce chiffre traduit la résistance au cheminement de

l'agent de pourriture d'une locule à l'autre, à travers les cloisons intervalvaires.

A l'intérieur des valves, les agents de pourriture rencontrent un milieu favorable à leur développement. En effet, les graines et les soies en formation constituent une matière riche en eau, en protéine, en lipides et en glucides. RAINEY (1948) a étudié l'évolution du milieu interne capsulaire au cours de la maturation de la capsule (fig. 15 et tabl. 36).

De tous ces éléments, les plus importants paraissent être les sucres. C'est l'opinion de STEYAERT (1934, 1939, 1960) et de BARDUCCI et coll. (1945). Pour cette raison, nous avons étudié l'évolution de la richesse en glucides du milieu interne en fonction de l'âge capsulaire et des variétés.

5.3.1. L'évolution de la richesse en glucides du milieu interne

Une technique de dosage est mise au point afin de comparer la teneur en sucres chez différentes variétés, à différents stades de la croissance capsulaire (FOLLIN et CAUQUIL, 1970). Pour chaque série de dosages, une loge est prélevée sur 20 à 25 capsules du même âge et de la même variété. Chaque prise d'échantillon est séparée en deux parties de 20 g environ : l'une servant au dosage proprement dit, tandis que l'autre, séchée à l'étuve à 100 °C pendant 24 heures, permet d'évaluer la teneur en eau de l'échantillon étudié.

Les sucres réducteurs sont dosés selon la méthode de G. BERTRAND et les sucres totaux selon celle de CLÉMENT, modifiée par HERZFELD et DAN MULLER (A. BRUNEL, 1949-1952, Traité pratique de Chimie Végétale, tome III, pp. 35-39). Préalablement au dosage après une stabilisation de l'échantillon, la méthode originale d'extraction utilise la technique de G. BERTHELOT : trois extractions successives à l'alcool à 30°, suivies d'une distillation sous vide partiel à une température inférieure à 50 °C. Par la suite, le résidu est repris à l'eau bouillante et subit une défécation à l'acétate de plomb.

Tableau 36. — Evolution des principaux constituants capsulaires en fonction de l'âge, variété 052 (d'après R.C. RAINEY). Poids pour une capsule.

Age de la capsule en semaines	Eau g	Sucres réducteurs mg	Protéines brutes mg	Lipides mg
0	0,025	0,27	2,5	0,009
1	0,614	35	15,6	—
2	4,17	236	59	0,5
3	8,05	463	151	—
4	10,13	433	215	16
5	10,41	339	286	77
6	8,67	229	343	234
7	8,47	196	437	379
8	7,92	163	649	559
9	6,99	88	704	745
10	2 à 5	33	713	640

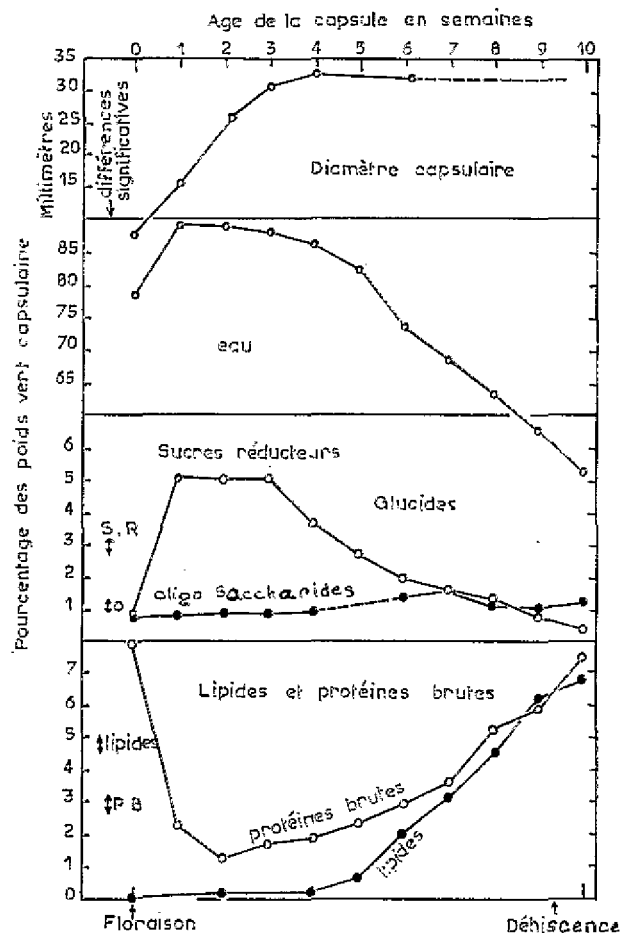


Fig. 15. — Evolution de la composition de la capsule de cotonnier en fonction de l'âge.

(D'après R.C. RAINY, 1948.)

Une première série d'analyses dont les résultats sont présentés dans le tableau 37, indique les teneurs en glucides des capsules de la variété D 9 au fur et

à mesure de leur maturation. Les chiffres obtenus vont dans le même sens que ceux de RAINY (tabl. 36). Il apparaît que la richesse en sucres passe par un sommet entre les deuxième et troisième semaines suivant la fécondation. Comme l'évolution des teneurs en sucres réducteurs suit étroitement celle des sucres totaux, nous nous en tenons aux premiers pour les analyses suivantes.

Au cours d'une seconde série de dosages, nous avons cherché à simplifier la méthode d'extraction, car la technique de référence s'est révélée très longue. L'échantillon prélevé dans les locules est soigneusement broyé au mortier en présence de sable fin, puis traité par l'eau bouillante (250 ml). Cette façon de procéder est rapide et fidèle et elle permet d'établir des comparaisons. En revanche, elle procure des données inférieures à celles obtenues par l'extraction classique.

Dans le tableau 38, l'évolution des sucres réducteurs est étudiée en fonction de l'âge capsulaire et de la variété: Allen 333, BJA 592, HG 9, Reba B 50 et Reba BTK 12. Les différences constatées entre les variétés sont d'autant plus grandes que la capsule est plus âgée et, à l'âge de 40 jours, deux groupes peuvent être constitués:

- l'un avec D 9 et BJA 592, les plus riches en sucres (3,3 % et 3,5 % du poids sec);
- l'autre avec les quatre autres variétés moins riches en glucides qui sont comparables entre elles (1,2 à 1,8 % du poids sec).

L'écart entre ces deux groupes est significatif et sera à rapprocher des résultats des inoculations expérimentales des capsules par piqûres.

5.3.2. L'étude de la résistance en fonction des organismes inoculés et de l'âge de la capsule

Cinq agents de pourriture: *Ashbya gossypii*, *Botryodiplodia theobromae*, *Colletotrichum gossypii*, *Rhizopus nigricans* et *Xanthomonas malvacearum*, sont inoculés par piqûre, selon la technique déjà décrite sur des capsules de la variété Reba B 50 d'âges différents: 10 - 20 - 30 - 40 et 50 jours.

Tableau 37. — Evolution des teneurs en eau et en glucides en fonction de l'âge capsulaire.

Age de la capsule (jours)	Teneur en eau %	Sucres réducteurs		Sucres totaux	
		% poids vert	% poids sec	% poids vert	% poids sec
4	87,0	3,37	25,9	3,50	26,9
8	87,1	4,25	35,4	4,90	40,8
16	87,8	4,51	37,5	5,30	44,1
24	87,5	3,00	24,1	3,55	28,4
28	83,9	2,25	14,0	2,87	17,9
35	74,8	1,51	6,0	2,02	3,0
50	58,9	0,21	5,1	0,23	5,6

Tableau 38. — Taux de sucres réducteurs en fonction de l'âge des capsules et de la variété.

Age de la capsule (jours)	Allen 333		BJA 592		D 9		HG 9		Reba B 50		Reba BTK 12	
	°/° P.V.	°/° P.S.	°/° P.V.	°/° P.S.	°/° P.V.	°/°	°/° P.V.	°/° P.S.	°/° P.V.	°/° P.S.	°/° P.V.	°/° P.S.
10	4,21	44,3	4,69	44,6	4,25	35,4	4,56	45,6	3,75	37,5	4,35	43,5
20	3,60	27,6	3,64	29,1	4,51	37,5	3,21	24,6	3,46	27,6	3,40	27,2
30	1,10	4,6	1,70	7,5	1,61	7,4	1,61	7,4	1,31	5,9	1,56	9,1
40	0,52	1,4	0,97	3,3	1,19	3,5	0,54	1,5	0,41	1,2	0,56	1,8

Dans une parcelle, toutes les fleurs sont marquées pendant 4 jours successifs au moment de la pleine floraison. Les capsules, par séries de 150 à 200, sont infectées au moyen d'une piqure, 10 - 20 - 30 - 40 et 50 jours après l'étiquetage, et cela pour chacun des cinq pathogènes choisis. L'analyse des résultats est échelonnée et a lieu pour chaque catégorie de capsules lorsque 20 à 30 % de celles-ci sont déhiscentes. Dans chaque cas, le nombre de loges atteintes par la pourriture est noté, afin de déterminer la fréquence de cheminement des divers micro-organismes d'une valve à l'autre à l'intérieur des fruits d'âges différents.

Le tableau 39 montre que les dégâts varient selon les parasites inoculés et le degré de maturité du fruit.

Ashbya gossypii se cantonne souvent dans la loge inoculée, sauf chez les ovaires très jeunes où la contamination se fait par l'axe central. Dès 30 jours, la pourriture se limite à un « quartier d'orange » typique (grade 2 de détérioration des loges). À 40 jours, il s'agit seulement d'une coloration de la fibre (grade 1). Après 50 jours, il ne produit aucun symptôme visible. *Borrhodiplodia theobromae* est très actif et attaque la presque totalité des valves jusqu'à l'âge de 40 jours. Les loges sont le plus souvent totalement détériorées et inutilisables (grade 3). *Colletotrichum gossypii* a une action radicale sur les jeunes capsules (10 jours), mais par la suite la détérioration est limitée. À l'âge de 40 jours, la pourriture ne dépasse pas le grade 2 et à 50 jours, seul le point d'inoculation est marqué sur la loge (couleur noire carbonacée). *Rhizopus nigricans* est presque aussi actif que *B. theobromae* et jusqu'à l'âge de 30 jours il provoque une décomposition totale des loges. À 40 jours, il atteint le grade 2 pour la moitié des valves atteintes, tandis qu'à 50 jours il colore légèrement la fibre en jaune (grade 1). *Xanthomonas malvacearum* n'a d'action destructrice que sur les capsules les plus jeunes. Dès le stade 20 jours les dégâts sont plus faibles, atteignant le plus souvent le grade 2 (coloration de la fibre en jaune brun).

Si l'on considère les résultats sous l'angle de l'activité comparée des agents inoculés (fig. 16), l'on peut les classer en trois catégories :

a) *B. theobromae* et *R. nigricans* ont une activité

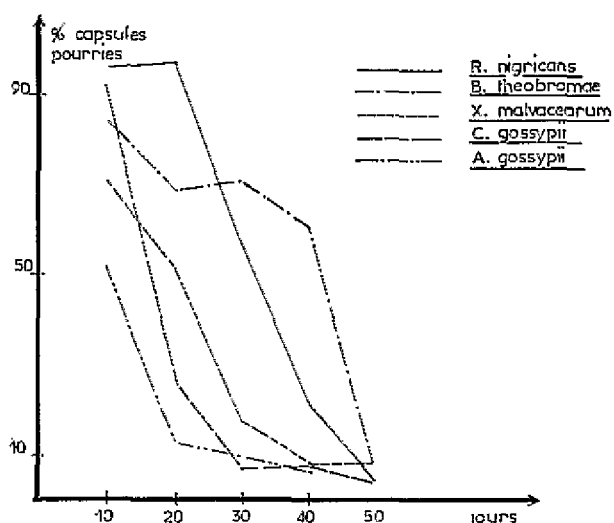


Fig. 16. — Taux de capsules totalement pourries en fonction de leur âge au moment de l'inoculation.

de décomposition rapide et passent facilement d'une locule à l'autre dans les capsules de 30 à 40 jours ;

b) *C. gossypii* et *X. malvacearum* ne sont vraiment dangereux que sur de jeunes capsules (10 à 20 jours). Sur les fruits plus âgés, la détérioration s'arrête aux grades 1 et 2 :

c) *A. gossypii* a un comportement particulier : il n'est vraiment actif que sur les très jeunes ovaires et son action de détérioration est le plus souvent limitée à la valve inoculée expérimentalement lorsqu'il s'agit de fruits âgés de plus de 20 jours.

Dans les tests de résistance interne effectués par la suite, les deux organismes le plus souvent utilisés sont *B. theobromae* et *C. gossypii* ; ils représentent chacun un type différent de détérioration interne de la capsule et sont parmi ceux que l'on retrouve le plus régulièrement dans l'infection naturelle. Quelquefois, *Aspergillus niger* est aussi employé, il représente une action et un mode de détérioration intermédiaire entre les deux autres.

Tableau 39. — Résistance interne en fonction de l'âge capsulaire et des micro-organismes inoculés (variété Reba B 50).

Parasites	Age des capsules (jours)	% de capsules atteintes			
		1 loge pourrie	2 loges pourries	3 loges pourries	4 et 5 loges pourries
A - Résultats détaillés					
<i>Ashbya gossypii</i>	10	16,4	16,1	15,4	52,1
	20	33,4	16,4	15,2	13,0
	30	37,7	15,1	17,2	10,0
	40	72,2	11,4	10,4	6,0
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	10	7,3	3,6	4,1	85,0
	20	10,6	12,5	7,0	69,9
	30	10,5	5,2	12,7	71,6
	40	19,1	8,0	11,4	61,5
	50	87,0	4,3	1,8	6,9
<i>Colletotrichum gossypii</i>	10	0,3	2,5	4,4	92,8
	20	37,2	20,3	16,4	25,9
	30	57,9	19,4	15,8	6,9
	40	74,7	11,5	6,6	7,2
	50	89,4	5,6	1,9	3,0
<i>Rhizopus nigricans</i>	10	0,4	1,2	2,9	95,5
	20	0,0	0,0	3,5	96,5
	30	21,1	10,5	11,9	56,5
	40	38,5	25,1	16,1	20,3
	50	93,6	0,9	0,4	4,5
<i>Xanthomonas malvacearum</i>	10	10,9	8,8	9,6	70,7
	20	30,5	10,8	7,7	60,0
	30	68,8	11,2	2,9	17,1
	40	54,6	18,3	3,6	13,5
	50	82,6	8,0	1,5	7,9
B - Moyenne en fonction de l'âge capsulaire					
Age capsulaire	10	7,1	6,4	6,4	79,2
	20	26,7	12,0	10,0	51,3
	30	43,2	12,3	12,1	32,4
	40	51,8	14,9	9,6	21,7
	50	88,2	4,7	1,5	5,6
C - Moyenne en fonction du microorganisme inoculé					
<i>Ashbya gossypii</i>		51,0	14,6	14,5	19,9
<i>B. theobromae</i>		12,0	7,3	8,0	71,1
<i>C. gossypii</i>	10	40,5	12,8	10,4	36,3
<i>R. nigricans</i>	à	16,4	10,1	9,1	64,4
<i>X. malvacearum</i>	50	41,2	12,3	6,0	41,0

* Pour l'inoculation avec *Ashbya gossypii*, les capsules âgées de 50 jours n'ont pas été utilisées.

Cette expérience souligne que le comportement du fruit à l'inoculation est d'autant meilleur que la piqure est faite plus tard : en effet, les pourritures totales de la capsule diminuent régulièrement, passant de 70 % pour une inoculation à l'âge de 10 jours à 6 % à l'âge de 50 jours.

En fait, une seconde expérience permet de distinguer la progression du pathogène dans la loge et son cheminement d'un carpelle à l'autre. Mise en place sur la variété BJA 592, elle utilise des fruits

à six stades de maturation, de 10 à 45 jours, séparés l'un de l'autre par une semaine. L'infection expérimentale est assurée en 3 jours, un pour chacun des trois organismes utilisés, *A. niger*, *B. theobromae* et *C. gossypii*, sur des séries de 120 à 150 capsules dans chaque catégorie.

Le tableau 40 exprime la moyenne des trois critères observés : grade moyen de détérioration des loges, coefficient d'attaque locale (C.A.L.) et coefficient d'attaque interlocale (C.A.I.L.) pour les

trois organismes, 8 jours après l'inoculation. D'une façon générale, les dégâts de pourriture diminuent régulièrement au fur et à mesure que la maturité des fruits augmente. Les C.A.L. vont dans le même sens que les teneurs en glucides du milieu loculaire et s'effondrent entre 24 et 31 jours, période où le taux de sucres réducteurs passe de 29,1 % du poids sec à 20 jours à 7,5 % à 30 jours (tabl. 38). Les C.A.I.L. diminuent aussi au cours de la maturation, mais le décrochement est plus net après 24 jours, stade après lequel les cloisons intercarpellaires sont totalement lignifiées et durcies (sclérenchyme); à ce moment-là, seul *Botryodiplodia theobromae* est capable de les traverser régulièrement, tandis que les deux autres pathogènes passent plus difficilement.

Tableau 40. — Evolution de la résistance interne en fonction de l'âge de la capsule, variété BJA 592, moyenne pour trois organismes.

Age des capsules (jours)	Grades moyens de détérioration	C.A.L.	C.A.I.L.
10	2,65	2,95	3,98
17	2,15	2,89	3,19
24	1,95	2,80	2,95
31	1,38	2,35	2,51
38	1,09	2,01	2,20
45	0,35	1,15	1,19

5.3.3. La résistance en fonction de la variété

Les observations et les expériences d'inoculations

par piqûres, citées tout à l'heure, montrent que l'âge de cinq semaines est le meilleur pour les tests de résistance interne capsulaire. En effet, à ce niveau de maturation, le fruit a un comportement représentatif de la variété étudiée (milieu loculaire et cloisons intercarpellaires) et en outre, dans la nature, il est le plus sujet aux attaques par effraction venant de l'extérieur: parasites et piqûres de *Dysdercus*.

L'expérience relatée dans le tableau 41 concerne l'inoculation de sept variétés (Allen 333, BJA 592, D 9, E 40, HG 9, Reba B 50 et Reba BTK 12) par quatre pathogènes: *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae*, *Colletotrichum gossypii* et *Xanthomonas malvacearum*. Chaque organisme est inoculé le même jour sur 150 à 200 capsules de chaque variété. Deux à trois séries échelonnées dans le temps sont inoculées pour chaque agent. Les résultats exprimés sont la moyenne des observations obtenues pour les quatre parasites. Une analyse statistique des critères notés: taux de loges pourries, grades moyens de détérioration des loges, C.A.L. et C.A.I.L., est entreprise en considérant les résultats de l'inoculation de chacun des organismes comme autant de répétitions. Des différences significatives aux seuils de 0,05 ou de 0,01 apparaissent dans tous les cas.

Les cotations du tableau 41 permettent d'évaluer les deux composants de la résistance interne capsulaire chez les variétés considérées:

a) Les coefficients d'attaque loculaire (C.A.L.) varient peu, mais il est cependant possible de distinguer deux variétés où le développement des pourritures est plus important que chez les autres (BJA 592 et D 9); à l'opposé, Reba B 50 a le coefficient le plus faible. Ces résultats sont en concordance avec les teneurs en sucres: BJA 592 et D 9 ont des taux plus

Tableau 41. — La résistance interne en fonction de la variété, moyenne de quatre organismes.

Variétés	% loges pourries	Grades moyens de détérioration	C.A.L.	C.A.I.L.
Allen 333	59	1,52	2,32	2,55
BJA 592	53	1,40	2,55	2,31
D 9	53	1,44	2,51	2,41
E 40	68	1,72	2,37	3,07
HG 9	58	1,52	2,47	2,35
Reba B 50	63	1,47	2,19	2,61
Reba BTK 12	48	1,29	2,42	2,12
d.s. à 0,05	7	0,21	0,18	0,40
d.s. à 0,01	10	0,28	0,24	0,54
Agents pathogènes:				
<i>A. niger</i>	52	1,16	2,21	2,20
<i>B. theobromae</i>	97	2,83	2,91	4,31
<i>C. gossypii</i>	46	1,11	2,41	1,98
<i>X. malvacearum</i>	35	0,80	2,24	1,46
d.s. à 0,05	6	0,16	0,13	0,30
d.s. à 0,01	8	0,21	0,18	0,41

forts vers l'âge de 30 à 40 jours, tandis que Reba B 50 présente la teneur la plus faible à ce stade-là.

b) Les coefficients d'attaque interloculaire (C.A.I.L.) présentent une amplitude de variation plus importante. Reba BTK 12 se classe en tête, suivi de BJA 592 et HG 9, tandis que E 40 est la plus mauvaise variété à ce point de vue. Il faut noter ici que la résistance interloculaire dépend non seulement de la texture, des septae, mais encore du nombre de ces cloisons intercarpellaires, autrement dit du nombre moyen de carpelles par fruit qui est une constante variétale. En effet, comme le montre le tableau 42, ce nombre varie d'une variété à l'autre dans des proportions assez importantes: BJA 592 étant la variété la plus favorisée sous cet angle.

Tableau 42. — Nombre moyen de carpelles par capsule, pour sept variétés de cotonnier (troisième et quatrième semaines de floraison).

Variétés	Nombre de carpelles
Allen 333	4,33
BJA 592	4,55
D 9	4,46
E 40	4,47
HG 9	4,05
Reba B 50	4,15
Reba BTK 12	4,41

Le taux de loges pourries ou leur grade moyen de détérioration donne une idée du comportement des variétés devant l'introduction des agents de pourriture. Ils sont à l'avantage de Reba BTK 12, BJA 592, D 9, tandis que E 40 est plus mauvais.

Les moyennes concernant les agents pathogènes inoculés permettent de comparer leur activité de détérioration. *B. theobromae* est le plus rapide à décomposer les loges ou à traverser les cloisons intercarpellaires; viennent ensuite *A. niger*, *C. gossypii* et enfin *X. malvacearum*. Il est intéressant de remarquer que l'intensité des dégâts subis par les capsules (grades moyens de détérioration des loges) dépend plus de l'aptitude de l'organisme à passer d'une locule à l'autre que de son activité à détériorer la loge.

Dans la pratique, pour les classements variétaux de résistance interne capsulaire, il est nécessaire de raisonner sur des moyennes faisant intervenir les cotations de plusieurs années avec des agents de pourriture divers. Cette façon de procéder permet de réduire au minimum les actions différentielles du milieu sur les variétés inoculées et d'éliminer leur sensibilité propre à tel ou tel pathogène.

5.3.4. Discussion

La plus ou moins grande facilité du milieu interne à se décomposer sous l'action des agents patho-

gènes inoculés paraît liée au taux de glucides. STEYAERT (1934) a considéré le premier que la composition des loges pouvait faire réagir de façon différente le milieu capsulaire aux inoculations artificielles de *Nematospora coryli* Peg., mais il n'a jamais pu établir de corrélations entre le développement de la stigmatomycose et la teneur en sucre.

Il y a, à notre avis, deux raisons à cet échec:

a) L'utilisation de fruits détachés de la plante-mère pour lesquels l'évolution du milieu interne carpellaire n'est certainement pas le même que « in vivo ».

b) L'inoculation de capsules âgées de 16 à 25 jours, époque où l'évolution des glucides à l'intérieur du fruit évolue fort rapidement, ce qui fait qu'une différence de 3 à 4 jours entre deux capsules d'une même variété peut provoquer des écarts dans le taux de sucres, supérieurs à ceux constatés entre deux variétés distinctes.

Ces remarques sont aussi valables pour les travaux de BARBUCCI (1945).

Dans nos propres expériences, les capsules sont inoculées au champ, à l'âge de cinq semaines, période où la courbe représentative de la richesse en glucides tend vers un palier: c'est peut-être pour cette raison que les résultats obtenus sont plus clairs que ceux des auteurs cités tout à l'heure et paraissent montrer une liaison nette entre la teneur en sucres et la décomposition du milieu interne capsulaire. Ajoutons que nos inoculations se rapportent à divers pathogènes et ne sont pas limitées comme celles de STEYAERT aux seuls Ascomycètes inférieurs des genres *Nematospora* et *Ashbya* introduits par les *Dysdercus*. BARBUCCI, quant à lui, a conduit ses expériences d'inoculation interne avec *Alternaria* sp. et *Acremonium* sp., champignons particulièrement nombreux dans les pourritures de capsules au Pérou. De toute façon, ces deux auteurs ont considéré la résistance capsulaire interne dans son ensemble et n'ont pas cherché à séparer la partie liée à la composition chimique du milieu de celle qui conditionne le passage des agents pathogènes d'une valve à l'autre.

Des deux composantes de la résistance interne capsulaire, la résistance interloculaire exprimée par le C.A.I.L. semble plus importante sur le plan pratique que la résistance loculaire évaluée par le C.A.L. En outre, comme il apparaît que les valeurs obtenues pour les C.A.I.L. ont une amplitude de variation chez les variétés étudiées plus grande que celle des C.A.L., le premier critère est le plus intéressant à améliorer. Par voie de conséquence, la composition du milieu interne et particulièrement sa richesse en sucre n'a qu'un intérêt secondaire par rapport aux qualités des septae. Il a été dit plus haut que la résistance interloculaire dépend du nombre de cloisons dans la capsule et de leur morphologie. Bien qu'il ne soit pas possible d'axer la sélection des variétés sur un nombre plus élevé de carpelles par fruit, ce facteur doit être pris en ligne de compte lorsqu'on veut évaluer la résistance in-

terne d'une lignée. L'intérêt des septae en tant qu'obstacle opposé aux agents pathogènes dépend essentiellement de leur anatomie. Constitué de quelques assises de sclérenchyme lignifié, elles opposent une résistance mécanique au cheminement de l'agent pathogène qui entreprend de passer d'un carpelle à l'autre. Cette résistance ne paraît toutefois pas étroitement liée au nombre d'assises cellulaires ou à leur degré de lignification. Des coupes fines au rasoir n'ont pas permis d'établir une distinction nette entre la structure anatomique des septae appartenant à des variétés à C.A.I.L. bas comme BJA 592 ou Reba BTK 12 et celle de variétés à C.A.I.L. élevé comme E 40 ou Reba B 50. Néanmoins, chez les sept variétés étudiées, la densité des cloisons intercarpellaires paraît en relation avec leur résistance à la pénétration des agents de pourriture. Dans le tableau 33, la comparaison des poids secs de 400 disques de 8 mm de diamètre prélevés à raison d'un par septae sur une centaine de capsules âgées de 35 jours, permet de classer les variétés selon leur résistance interloculaire. En effet, si l'on excepte le cas de Reba B 50 qui possède un C.A.I.L. important malgré un poids sec élevé des septae, les autres variétés se classent logiquement : Reba BTK 12, BJA 592, HG 9, D 9 sont les meilleures et E 40 et Allen 333 les plus mauvaises.

Au point de vue anatomique, les cloisons intercarpellaires sont formées par l'assise interne de l'enveloppe capsulaire. L'on peut donc envisager que cette origine leur confère un déterminisme génétique de résistance identique à celui du péricarpe. Cette théorie est en partie confirmée par le fait que les variétés résistantes à la bactériose (résistance externe péricarpique) présentent des septae ayant un meilleur comportement à la traversée de ce parasite. Autrement dit, le caractère de résistance à la bactériose qui est essentiellement péricarpique se retrouve dans les cloisons intercarpellaires et conditionne la résistance interne interloculaire. L'inoculation par piqûre de *Xanthomonas malvacearum* permet d'étayer cette assertion (tabl. 43). Sur les sept variétés infectées, ce sont celles qui possèdent deux gènes majeurs de résistance à la bactériose (BJA 592, Reba BTK 12, Reba B 50) qui ont les C.A.I.L. les plus bas, et si l'on utilise les résultats de l'expérience du tableau 41 faite dans des condi-

tions identiques, l'on peut considérer qu'il existe des différences significatives au seuil de probabilité de 0,05 (PPDS 0,40) avec les autres variétés sauf HG 9. Remarquons que les dégâts totaux de pourriture exprimés par les degrés moyens de détérioration confirment les conclusions du chapitre V au sujet de la résistance capsulaire à *X. malvacearum* qui ne joue pas lorsque le pathogène est introduit par effraction dans les carpelles.

5.4. L'importance relative des résistances péricarpique et interne

Chez le cotonnier « upland » le nombre de carpelles varie de trois à six, la plupart des capsules ayant quatre à cinq locules. Le nombre moyen de valves est une caractéristique variétale, mais pour une variété donnée il va en décroissant à mesure qu'on avance dans le cycle de floraison. Dans le cas de BJA 592, le nombre moyen est de 4,55 carpelles par capsule, ce nombre variant de 4,63 dans la deuxième semaine de floraison à 4,05 dans la septième semaine.

L'étude comparative relatée ici est faite sur des capsules de BJA 592 venant de la troisième semaine de floraison pour laquelle le nombre de fruits à quatre et à cinq locules est à peu près équivalent. En comparant le comportement de telles capsules sous infection artificielle et sous infection naturelle, l'on peut avoir une idée de l'importance relative des divers niveaux de résistance.

Les capsules étant portées par les mêmes plants à un stade de développement identique, ont des caractéristiques très semblables, par conséquent, l'on peut considérer que la structure péricarpique est la même, ainsi que la composition du milieu interne. Seul change le nombre de sutures inter-valvaires et le nombre de cloisons intercarpellaires.

Les tests d'inoculation externe et interne sont effectués selon les méthodes décrites plus haut sur des capsules âgées de cinq semaines avec quatre micro-organismes (*Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae*, *Colletotrichum gossypii* et *Xanthomonas malvacearum*), sur des lots de 120 à 150 fruits par catégorie, selon quatre répétitions échelonnées

Tableau 43. — Inoculation par piqûre avec *X. malvacearum*.

Variétés	Comportement vis-à-vis de la bactériose	Degré moyen de détérioration	C.A.I.L.	C.A.L.
Allen 333	tolérant	0,92	1,65	2,35
BJA 592	résistant	0,83	1,03	2,43
D 9	sensible	0,81	1,72	2,16
E 40	sensible	0,95	1,94	2,16
HG 9	tolérant	0,96	1,39	2,21
Reba B 50	résistant	0,62	1,17	1,84
Reba BTK 12	résistant	0,55	1,12	2,22

dans le temps à raison d'une par semaine. Les résultats consignés dans le tableau 44 présentent pour la plupart des différences significatives aux seuils de probabilité de 0,05 et 0,01 et permettent de tirer les conclusions suivantes :

a) Bien que le péricarpe ait vraisemblablement les mêmes caractéristiques chez les deux types de capsule, la résistance externe à l'introduction des agents de pourriture n'est pas la même. En effet, à cause d'une valve supplémentaire, les chances de pénétrations sont augmentées chez les fruits à cinq carpelles : ce qui explique que le taux de capsules avec des symptômes de pourritures internes soit augmenté de 15 %, tandis que le taux de loges pourries est accru de 10 %, les grades moyens de détérioration l'étant de 12 %.

b) La résistance interne est à l'avantage des fruits à cinq carpelles, comme l'on pouvait s'y attendre : le taux de loges pourries est inférieur de 23 % à celui des capsules à quatre valves et les grades moyens d'attaque locale sont inférieurs de 29 %. Ces résultats soulignent l'importance des cloisons intercarpellaires pour retarder le développement des pourritures dans la capsule. Le résultat obtenu avec l'inoculation par *B. theobromae* explique ce mécanisme de résistance ; après 8 jours d'incubation sur 112 capsules de chaque lot : 52 loges sont indemnes pour les fruits à quatre carpelles, contre 168 pour ceux à cinq. La différence de 116 correspond presque exactement au total des valves supplémentaires des capsules à cinq carpelles.

Le milieu interne, contrairement à ce qu'on pourrait supposer, n'est pas le même chez les deux catégories de capsules. En effet, les fruits à cinq valves ont un C.A.L. plus faible que ceux à quatre, ce qui dénote une évolution physiologique plus rapide et une teneur en sucres plus faible au moment de l'inoculation. Ce résultat est confirmé par les travaux de BOULANGER (1966) qui signale que les capsules à cinq carpelles ont une période de maturation plus courte ; pour la variété Banda 4, par exemple, les phases de capsulaison sont respectivement de 53,9 et 53,2 jours, avec une différence significative au seuil de probabilité de 0,01, entre les deux catégories de capsules.

L'état sanitaire des capsules de BJA 592 âgées de 33 à 40 jours et issues des quatrième et cinquième semaines de floraison donne l'importance relative des niveaux de résistance capsulaire sous infection naturelle au champ. Ces capsules sont récoltées le même jour sur 200 cotonniers de 130 jours protégés par quatre applications insecticides contre les déprédateurs. Le taux de capsules saines et celui de capsules pourries sont significativement à l'avantage des fruits à cinq carpelles. Dans l'examen détaillé des pourritures, la différence tient essentiellement aux pourritures internes sans piqure dues à des pénétrations de micro-organismes dans les loges par des voies diverses, excepté les *Dysdercus*. Ce résultat veut dire que, dans les conditions de l'expérience, la résistance interne liée aux cloisons intercarpellaires a moins d'incidence sur les dégâts de pourriture que la résistance externe. Il faut rappeler qu'à

Tableau 44. — Comparaison du comportement des capsules de BJA 592 à quatre et cinq carpelles.

	Capsules à 4 loges	Capsules à 5 loges
A - Infection artificielle externe :		
% de capsules avec des symptômes externes	80	86*
% de capsules avec des symptômes internes	62	71*
% de loges pourries	47	52*
Grade moyen de détérioration des loges	0,85	0,95*
B - Infection artificielle interne :		
% de loges pourries	41	32*
C.A.L.	2,58	2,48*
C.A.I.L.	1,71	1,59*
Grade moyen de détérioration des loges	1,12	0,80*
C - Infection naturelle :		
% de capsules saines	91	88
% de capsules chenillées	5	5
% de capsules pourries	4 (3,7)	7 (7,1)**
dont :		
% de pourriture externe	1,2	1,2
% de pourriture interne sans piqure	1,3	4,1**
% de pourriture interne avec piqure	1,0	1,8

* Différence significative au seuil de probabilité de 0,05.

** Différence significative au seuil de probabilité de 0,01.

Bambari, la campagne agricole 1969 fut très pluvieuse et les *Dysdercus* ont joué un rôle plus effacé que les années précédentes. L'on peut alors généraliser de façon prudente, en concluant que sous climat tropical humide la résistance externe liée à l'étanchéité du fruit a un rôle plus important dans le développement des pourritures de capsule que la résistance interne venant des cloisons intercarpellaires.

5.5. La résistance capsulaire aux pourritures transmises par les piqûres de *Dysdercus*

A Bambari, les pourritures de capsules consécutives à des piqûres de *Dysdercus* sont nombreuses (61 % des pourritures totales) et les résultats obtenus au champ en infection naturelle ou sous cage en infection artificielle montrent que les dégâts varient beaucoup d'une variété à l'autre (tabl. 23 et 24). Ces différences de comportement variétal peuvent être attribuées à diverses causes :

a) Une appétibilité plus ou moins grande des capsules à l'égard des *Dysdercus*.

b) Un succès plus ou moins complet dans l'introduction par la piqûre de divers agents de pourriture à l'intérieur des carpelles.

c) Une réaction différente du milieu interne capsulaire au développement des micro-organismes introduits.

Dans une expérience déjà décrite au chapitre IV, le comportement de deux variétés : Allen 333 et Reba B 50, est étudié en infection artificielle sous cage. Bien que les dégâts imputables aux piqûres de *Dysdercus* soient équivalents au moment de la récolte, le développement des pourritures ne suit pas le même processus chez les deux variétés.

En effet, en comparant les observations faites à 20 jours d'intervalle après la fin de l'infestation par les Hémiptères, l'on peut mettre à jour les divers

éléments de la résistance capsulaire aux pourritures de capsules provoquées par les *Dysdercus* (tabl. 45).

a) A l'issue de la période d'infestation (deux insectes par plant durant 8 jours), les taux de capsules piquées (37 et 29 %) et le nombre moyen de piqûres par fruit atteint (9,3 et 7,5) sont différents, car l'Allen 333 présente une plus grande appétibilité à l'égard des *Dysdercus* que Reba B 50.

b) Malgré un taux plus faible de capsules piquées et un nombre moins important de piqûres, Reba B 50 subit, en fin de compte, autant de dégâts qu'Allen 333. En effet, si les pourcentages de fruits piqués et pourris sont à l'avantage de Reba B 50 (19 et 26 % au cours du premier comptage, 28 et 33 % vingt jours plus tard), en revanche, ceux des carpelles piqués et pourris, bien plus représentatifs des dégâts réels, sont équivalents (12 % pour les deux variétés lors du premier comptage, 25 et 26 % par la suite). La même expérience permet d'observer qu'à la fin de la période d'infestation par les Hémiptères, 34 % des capsules piquées sont encore saines pour Reba B 50, contre 31 % pour Allen 333, ensuite les taux chutent à 4 et 8 %. Cela signifie que les chances d'infection par les piqûres sont plus grandes chez Reba B 50 que chez Allen 333.

c) En ce qui concerne le développement des pourritures dans les capsules piquées, il est plus rapide chez Allen 333 que chez Reba B 50, à cause d'un milieu interne certainement plus favorable (teneur en sucres plus forte). Ceci se traduit par des grades moyens de détérioration équivalents lors du deuxième comptage (1,80 et 1,87), alors qu'au premier, la situation était nettement à l'avantage de l'Allen 333 (1,28 et 1,79). Les mêmes constatations peuvent être faites sur les C.A.I.L. des capsules pourries.

On peut considérer que l'appétibilité des capsules à l'égard des *Dysdercus* et la facilité d'introduction des agents de pourriture au travers du péricarpe par l'intermédiaire de la piqûre constituent deux composantes de la résistance externe péricarpique. Ces deux éléments ne sont pas forcément identiques

Tableau 45. — Evolution des pourritures de capsule dues aux piqûres des *Dysdercus* pour deux variétés de cotonnier (infection artificielle sous cage).

Variétés	Allen 333	Reba B 50
% de capsules piquées	37	29
Nombre moyen de piqûres par capsule	9,3	7,5
% de capsules piquées et pourries :		
1 ^{er} comptage	26	19
2 ^e comptage	33	28
% de loges piquées et pourries :		
1 ^{er} comptage	12	12
2 ^e comptage	26	25
C.A.I.L. des capsules pourries :		
1 ^{er} comptage	1,91	2,01
2 ^e comptage	2,66	2,53
Grade moyen de détérioration des capsules pourries :		
1 ^{er} comptage	1,28	1,79
2 ^e comptage	1,80	1,87

à ceux qui conditionnent la résistance péricarpique mise à jour lors des tests « de contact » avec les divers micro-organismes. C'est ainsi que les variétés Reba BTK 12 et BJA 592, qui possèdent un excellent comportement dans les tests d'infection externe classique, se distinguent aussi à l'égard des pourritures introduites par les piqûres d'Hémiptères ; au contraire, Reba B 50, bien classé dans le premier cas, compte parmi les variétés les plus exposées aux infections par piqûre d'insecte. L'aptitude des capsules à faciliter la prise de nourriture par les Hémiptères, ne semble pas être régie par des facteurs mécaniques. En effet, des mesures de facilité de pénétration du péricarpe faites à l'aide d'un « pénétromètre » par PIERRARD (1969) à Bambari, n'ont pas permis de mettre à jour une quelconque relation entre l'appétibilité à l'égard des *Dysdercus* et la texture de l'enveloppe carpellaire.

Dans le cas de la résistance loculaire, le milieu interne capsulaire semble jouer ici le même rôle que dans le cas des pourritures internes classiques : le développement des pourritures semble lié à la composition de la loge, à sa teneur en sucres. En revanche, la résistance interloculaire n'apparaît pas dans les attaques de *Dysdercus*. En effet, à cause de la répartition des piqûres sur plusieurs valves à la fois (les capsules visitées portent toujours plusieurs piqûres), l'obstacle des septae n'a pas d'influence sur la gravité de la pourriture.

5.6. Conclusions

La résistance de la capsule au développement des agents de pourriture se situe en définitive à deux niveaux principaux, eux-mêmes divisés en divers éléments :

a) La résistance externe dont les composantes essentielles sont au nombre de trois :

- l'étanchéité capsulaire liée à la forme du fruit ;
- la résistance péricarpique aux pénétrations directes « par contact » qui est fonction de l'anatomie de l'enveloppe carpellaire ;
- l'appétibilité à l'égard des insectes piqueurs (Hémiptères) et la facilité d'introduction des agents de pourriture à la suite de la piqûre.

b) La résistance interne peut se décomposer en deux facteurs :

- la résistance loculaire découlant de la composition du milieu capsulaire, essentiellement de sa teneur en glucides ;
- la résistance interloculaire attribuée à la présence des cloisons intercarpellaires.

De ces cinq composantes, deux sont, à notre avis, passives : l'étanchéité dépendant de l'architecture du fruit et la résistance loculaire résultant du métabolisme de la loge et de la teneur de ses divers composants biochimiques. Les autres peuvent être considérés comme des facteurs actifs de résistance ; ils sont en effet basés sur les caractéristiques morphologiques de la paroi carpellaire et des cloisons intervalvaires. Ces tissus réagissent, comme nous l'avons déjà signalé, aussi bien aux pénétrations directes de parasites qu'aux piqûres (Hémiptères) ou aux perforations de chenilles, par des néoformations d'excroissance au niveau du mésocarpe. Ces néoplasmes peuvent être reproduits expérimentalement (COGNET et FRINKING, 1966), mais le mécanisme de leur déclenchement n'est pas connu. Ils ne paraissent liés ni à un mode particulier de pénétration, ni à un organisme donné, bien que certains auteurs comme COGNET et FRINKING (1966), ASHWORTH et coll. (1969) considèrent que les bactéries soient surtout responsables de ces manifestations.